الفيلسوف والعلم

نشر بالاشتراك مع

مؤسسة فرنكلين للطباعة والنشر

بيروت — نيويورك

١٩٦٥

الفيلسوف والعلم

تأليف : جون كيمني
ترجمة : الدكتور أمين الشريف

المؤسسة الوطنية للطباعة والنشر - بيروت

المسهمون في هذا الكتاب

جون كيمني

يعتبر المؤلف من الكتاب القليلين الذين جمعوا بين التخصص الرفيع في علم الرياضيات ، والمقدرة الفائقة على معالجة القضايا الفلسفية .

نال شهادة الدكتوراه من جامعة برنستون ، وخلال مدة اعداده للحصول على هذه الشهادة عمل باحثاً مساعداً لالبرت اينشتاين ، كما درس فيما بعد علم الرياضيات والفلسفة في الجامعة نفسها ، وهو الآن استاذ الرياضيات في جامعة دارتموث . وللمؤلف العديد من الكتب والمقالات .

الدكتور أمين الشريف

من مواليد بيروت سنة ١٩٢٢ . حصل على شهادة الماجستير في العلوم من الجامعة الامريكية في بيروت سنة ١٩٤٥ ، وعلى شهادة الدكتوراه في الكيمياء من جامعة لندن سنة ١٩٤٩ .

مقدمة

كان في سالف الزمان يُسْرُوعٌ [1] صغير قبيح الشكل ، وحين كانت الحيوانات الصغيرة الاخرى تسرح وتمرح ، مزهوّة بريشها الملوّن أو مختالة بفرائها اللماع ، كان اليسروع يتوارى خَجِلاً من شكله . الا انـه حزم أمره ذات يوم وقرر الا يذوق للراحة طعماً قبل ان يحول نفسه الى أجمل يسروع في العالم. فأعمل الجد ونفخ أوداجه حتى كاد يتفجر من المحاولة، لكن النجاح كان حليفـه ، فاذا هو يصرخ بأعلى صوته : « انظروا الي ، حقاً اني ليسروع جميل » : غير ان الحيوانات الاخرى كبتت سخريتها وأخـذت تهزأ به وراء ظهره ، الى ان جـاء اخيراً طير حكيم من البوم كان يراقب الامور من علٍ وهمس في اذن اليسروع الصغير المنهوك قائلاً : « انهم لا يهزأون بك لانك لست جميلاً . أفلست تدري ان ليس ثمة ما يمكن ان يدعى يسروع جميل ؟ لقد حوّلت نفسك الى فراشة » .

في هـذه الاقصوصة عبرة لكل فيلسوف . فالفيلسوف لن يتمكن من اكتشاف قوانين الطبيعة مهما جدّ في مسعاه ، لأنه اذا نجح فسينعته النـاس عندئذ بالعالم لا بالفيلسوف . ان القول كثيراً ما يتردد بأن العلم قـد نبع من

---

١ — Caterpillar

الفلسفة ، واذا نحن قرأنا ما كتب عن بلاد اليونان القديمة فسوف نتلاقى مع فلاسفة طرحوا اسئلة تشكل أجوبتها أسس علومنا الحاضرة . ولقد ظل هؤلاء الفلاسفة زمناً طويلاً لم يكونوا يملكون خلاله سوى التساؤل والانهماك في تخمينات بارعة نوعاً ما . الا ان المنهج العلمي الحديث أخذ ينمو رويداً ويجيب على هذه الاسئلة بشكل محدد يستند الى الوقائع . وبالتدريج وجد الفيلسوف نفسه في ورطة: اذا ما طرح السؤال فهو من الفلاسفة، واذا أجاب عليه فهو من زمرة العلماء .

والكتاب هذا ليس كتاباً في العلوم ، فهنالك العديد من الكتب الممتازة السهلة التي تفسر النتائج التي توصل اليها العلم الحديث . انه كتاب في فلسفة العلم . ان السؤال الذي يتبدى الآن هو التالي : « هل بقي للفيلسوف اسئلة يجيب عليها ؟ » لا شك في ذلك، فالفيلسوف، بوجه عام، يعالج تلك الاسئلة التي لا يود العالِمُ الاجابة عليها او لا يستطيع ، وانه لمن حسن الطالع ان يكون بعض من أمتع الاسئلة من هذا النوع ، غير انني أردت ان أُضَيِّقَ على نفسي الى أبعد من هذا الحد ، فالكتاب هذا ليس كتاب فلسفة فحسب ، بل هو كتاب في فلسفة العلوم ، لذلك يتوجب علي الاقتصار على تلك المسائل الفلسفية المرتبطة بالعلم فقط .

هذا ، بكلمة اخرى ، ليس كتاباً في العلم ، بل كتاب عن العلم . ان التمييز هنا ليس مرهفاً بالقدر الذي قد يتبدى للوهلة الاولى ، فاللوحة الجميلة قطعة فنية ، الا ان الكتاب الذي يشرح طريقة الفنان في الرسم هو ، في الاساس ، كتاب عن الفن لا يشكل، بالضرورة ، عملاً فنياً بحد ذاته . كذلك فاذا نحن أجرينا اختباراً ثم قمنا بتسجيل نتائجه فاننا نكون قد تصرفنا كعلماء ، اما اذا بحثنا في المسائل العامة العائدة لطريقة اجراء الاختبارات

نكون عندذاك قد ألّفنا في العلم. ما هي المسائل التي لا يبحثها العلماء (الا ، بالطبع، اذا كانوا يتصرفون كفلاسفة) ؟ انها تشمل البحث في المنهج العلمي وفي مفاهيم العلم وفرضياته الاساسية ، وفي موضوعه وحدوده ، وفي ما يستخدمه من وسائل وما يؤدي اليه من نفع . الكتاب هذا، بوجه عام ، محاولة لاعطاء صورة موحدة عن طبيعة العلم .

وسأحاول التمثيل على هذا التمييز بواسطة نظرية النسبية . فاذا ما سألنا عما يمكن لهذه النظرية ان تنبئنا به حول مسيرة الكواكب، فان هذا يشكل سؤالاً علمياً ، اما اذا ما سألنا عن سبب تقبل العلماء للجواب ، فانه يصبح سؤالاً حول المنهج العلمي ويغدو ، بالتالي ، من اختصاص فلسفة العلم . كذلك فاذا أردنا ان نرى كيف استُنتِجَت هذه النظرية من بعض فرضيات أساسية فعلينا ان نرجع الى كتاب في العلم (ومن المحقق ان ليس ثمة خير مما كتبه اينشتين بنفسه) ، اما اذا أردنا ان نتحرى كيفية امكان التحقق من هذه الفرضيات الاساسية ، فانه يحسن بنا توجيه سؤالنا الى فيلسوف. ونحن ، اذا أردنا المعرفة بالطرائق الرياضية المستخدمة في الفيزياء، فبوسع أي دائرة علوم اجابتنا الى ذلك ، ولكنه ليس من اختصاصها ان تشرح ماهية العلاقة بين الرياضيات والعلم . كذلك يحسن بنا الا نوجه اسئلة كهذه الى رجل العلم العادي ، لانه قد لا يكون في وضع يسمح له بالاجابة ، فحياته كلها مكرسة لجهد يستحوذ على اهتمامه ، كما انه قد يكون عملاً أكبر من ان يستطيع الفرد الواحد انجازه . ولربما كان هذا السبب في ان الكثير من هذه المسائل العظيمة الاهمية قد تُرك للفيلسوف ليجيب عليه . ان المسائل من هذا النوع هي ما سنحاول البحث فيه والاجابة عليه ، حين يتيسر لنا ذلك ، بين دفتي هذا الكتاب .

ولما كان هدفي الاساسي تقديم صورة موحدة للعلم ، فانه من العسير تقسيم هذا الكتاب الى أجزاء ، لكنني سأبيّن الترتيب الاساسي الذي اتبعته . لقد بدأت بالبحث في بعض المسائل التي يستلزم العلم وجودها ، ثم اتبعته ببحث في العلم نفسه واختتمت بعرض لبعض المشاكل التي تنبثق عن العلم . ويعالج الفصل الاول مسألة اللغة وعلاقتها بمختلف المسائل التي يبحثها هذا الكتاب ، ثم ننتقل من هذا الى بحث الرياضيات ، وهي اللغة التي تبيّن انها أصلح ما يكون للعلم . ولما كان ثمة اعتقاد سائد بأن استخدام هذه اللغة يوجب أخذ بعض فرضيات اساسية بعين الاعتبار ، فان هذه الفرضيات المزعومة يجري بحثها في الفصل الثالث ، نكاد بعده ان نكون على استعداد للانتقال الى بحث العلم بالذات . ذلك انه ما زال ثمة موضوع واحد تجب معالجته ، هو موضوع الاحتمالات[1]. أما البحث في العلم بالذات فيبدأ بفصل عن المنهج العلمي ، تتبعه اسئلة اربعة نشأت من البحث في ذلك المنهج وخصص لكل منها فصل كامل. ويؤدي بنا هذا الى الفصل العاشر، وهو بحث في ماهية العلم. هل نحن نعيش في كون مسيّر كلياً ؟ ما هي الحياة ؟ ما هي طبيعة عقولنا ؟ ما هي منزلة القيم ؟ ما هي طبيعة العلوم الاجتماعية ؟ وبهذا يصل بنا المطاف الى الفصل الاخير، الذي يشكل محاولة لتلخيص ما سبق .

وكما قد يستدل من تصميم هذا الكتاب ، فانه قد نظم بشكل يسترعي انتباه المهتمين من العامة . غير انني آمل ان يكون في الصورة الموحدة المعروضة هنا ، وفي وجهة النظر التي يشتمل عليها الفصل الثالث (والتي يستند اليها ما تبقى من الكتاب) ما يستحوذ على اهتمام الخبير . ان صورة

---

١ — Probabilities

موحدة في مجـال ضيق كهذا الكتاب هي ، بالضرورة ، صورة مجملة . لذلك يجد القارىء في نهاية كل فصل لائحة لبعض المراجع المقترحة لزيادة الاطلاع . وقد حاولت ترتيب هذه المراجع بشكل يؤمن العثور عليها بسرعة ويمكّنُ، بسهولة ، من معرفـــة المرجع الذي يجيب على مـا يدور بخلد القـارىء من اسئلة . وفي حال استعمال هذا الكتاب كمدخل الى الموضوع فانه يتوجب ان يضاف اليه احد الكتب الشائعة الجيدة من العلم . اما اذا استعمل في احـد الصفوف العالية فانه يتوجب استعماله بالاشتراك مع بعض الكتب المذكورة في نهاية الفصول المختلفة. هذا ، وبذلك يؤمن هـذا الكتاب عنصر الاستمرار بينما تضيف المراجع التفاصيل التي لا تكون قد توضحت فيه.

هنالك كلمـــة تحذير اخرى ، فلقد أشرنا الى ان الفلاسفة يطرحون من الاسئلة أكثر مما يمكن لهم الاجابة عليه . وفي اعتقادي ان طرح سؤال جيد واضح يشكل أحد أهم الامور التي يمكننا القيام بهـا ، ذلك لاننا نجد امثلة عديدة في تاريخ كل من العلم والفلسفة على سؤال ظل عدة قرون دون جواب الى ان أعاد احد العباقرة صياغته . فاذا العثور على الجواب يغدو فجأة سهلاً جداً هو الآخر . ولهذا السبب فان قسماً كبيراً من هذا الكتـاب قد أوقف لمجرد توضيح مختلف القضايا، وهو أقصى ما يمكنني القيام به في غالب الاحيان.

ان هذا الكتاب تكريس للفكرة القائلة بأن توضيح مسألة صعبـــة هو خطوة كبرى نخطوها الى الامام ، ذلك لأنه ، يُعينُ ، لا شك ، على تفـادي كثير من الجدل العقيم الذي يبدو وكأن لا نهاية له ، ويصفـّي الجو ، بالتالي ، امام العمل المثمر لحل المسألة . غير اننا كثيراً ما نجد انفسنـــا مرغمين على مواجهة سؤال لا يمكن الاجابة عليه : « هل تعلـّمنا حقاً الشيء الكثير ؟ » ، ان الكثير ممـا نود معرفته لا يزال مجهولاً لدينا ، بينما نواجه العـــديد من

الالتباسات حول ما نعرفه بالفعل . ولربما كان ما قد عرفنــاه الى الآن قليلاً جداً في الواقع. الا اننا عندما نعتبر بأن السعي وراء المعرفة من أجل المعرفة ذاتها ، اي محاولة الاجابة على هذه الاسئلة الاساسية ، قــد كان من أعظم القوى الدافعة لجميع الجهود الفكرية ، فانه لما يدعو للاطمئنان ان نتبـيّن بأن هذه الاسئلة ، او الكثير منها على الاقل ، ستظل في الغـالب ، دون جواب على الاطلاق .

القسم الأول
في ما يفترضه العلم

١ اللغـــة

كثيراً ما تردد القول انه لو لم تكن لدينا لغة نعبر بواسطتها عن افكارنا ونختزن فيها معلوماتنا لكنا لا نختلف عن الحيوانات الدنيا في كثير. الا انني أود ان اضيف الى هذا انه لو لم تكن لدينا لغة لما عرفنا سوء التفاهم. فهنالك معضلة تواجه كل مؤلف يحاول الكتابة في موضوع متشابك معقـد . انه اذا كتب باسلوب بسيط ، فمن المرجح ان يساء فهمـه ، واذا بالغ في حرصه ألا يساء فهمه بان توسع كثيراً في الشرح ، فقد لا يجد من يقرؤه اطلاقاً . وبمـا اننا نزمع البحث في موضوع شديد التعقيد، وفي مجال تحف به صعوبات لغوية كثيرة ، فسأحاول البـدء بتفحص بعض العقبـات التي سيكون علينا ان نتخطاها .

مشاكل اللغة

ان الخطر الحقيقي الكامن في اللغة هو اننا نتردى في مهالك لفظية مئـة مرة في اليوم الواحد . متى كانت آخر مرة قلت فيها ان كتاباً ما ينطوي على شيء من الاثارة ؟ متى تناقشت آخر مرة في الديموقراطية ؟ أأنت من محبذي الحرية؟ هل تصف نفسك بانك مثالي او واقعي؟ انك تستعمل هذه الكلمات،

اذا كنت شخصاً عادياً ، دونما كبت عـدة مرات في اليوم . ولكن هــذه كلمات خطرة لأن معناها ليس جلياً واضحاً .

ان استعمال الكلمات المبهمة هو أكثر انواع الاخطاء اللفظية شيوعاً . ويتأتى الابهام نظراً للصعوبة الكبيرة في تحديـد جميع كلماتنا بدقة . فنحن نلجأ الى كلمات مستترة الحواشي عندمـا لا يتوضح لنا ما اذا كانت تلك الكلمات تناسب المقام او لا تناسبه . هذا بالطبع امر ليس بذي بال في كثير من احاديثنا ، الا ان الخطر يتبدى حين نخفي جهلنا وراء قناع من الكلمات المبهمة. لنفرض ان صديقاً سألنا رأينا في كتاب معين فاجبناه قائلين : « انه، والحق يقال ، ليس بالكتاب الجيد ، ولكنه مليء بالتضمينات » — فالى اي حد يكون صديقنا هذا قد عرف رأينا الحقيقي ؟ مـا هو مبلغ الرداءة في عبارة « ليس ، والحق يقال ، بالكتاب الجيد » ؟ ثم مـا هي بالضبط الامور التي تستهدفها تضمينات ذلك الكتاب ؟ هل عبّرنا له بالفعل عن رأينا ام اننا لجأنا الى مجرد كلمات مبهمة بقدر يمكّننا في وقت لاحق من ان نفسرها كيف نشاء ؟ ثم لنفترض، مجدداً، اننا اكدنا تعلقنا بالحرية ، فان القول هذا ينطوي على شيء من المعنى ، الا انه لا يعني الشيء نفسه بالنسبة لجميع الناس . فالحرية بالنسبة للفلاح الروسي جد مختلفة عما يعنيه بها احـد اعضاء مجلس اللوردات البريطاني . ان الكلمات المبهمة كثيرة الشيوع في الجدل الفلسفي ، اذ اننـا بهذه الطريقة نعبر عما تعنيـه بشكل عام دون ان نبلغ الدقة التي تمكن من كشف اخطائنا في التفكير . انه مسلك تحف به المزالق .

ويكمن خطر من نوع ثان في تلك الكلمات التي تتضمن فيضاً من المعاني . فكلمة « الديموقراطيـة » مثلا ، يمكن ان تكون ذات مدلول دقيق جدا في سياق معين، ومدلول جد مختلف، لكنه دقيق جداً هو الآخر، في الفقرة التي

تليه . ومن دواعي الاسف ان نجد هذه الكلمة قد استعملت للدلالة على عدد كبير من المعاني المختلفة ـ اي ان فيها شيئاً من اللـَبْس . (اود ان اشير ههنا الى ان كلمة « لـَبْس » هي نفسها ملتبسة، فقد تعني كلمة لها مدلولان مختلفان فقط ، او كلمة لها مدلولان مختلفان او اكثر ، الامر الذي يؤدي احياناً الى كثير من البلبلة). ولننظر الآن في امر تصنيف الناس الى مثاليين وواقعيين . فقد يُسَرُّ شخصان اذ يدركان من حديثهما معاً انهما من المثاليين ، في حين ان الاول قد يعني انه من القائلين باتحاد انظمة الحكم في العالم بينما يعني الآخر انه مثالي لانه يعتقد ان الطاولات والكراسي ليست الا خطرات من وساوس احد الناس . واذا نحن راجعنا كلمة « مثالي » في احدى الطبعات المبسطة لقاموس « وبستر »[1] فسنجد ان لها سبعة معان مختلفة . هذا ويمكن التأكيد بان الاستعمال الشائع قد اضفى عليها عشرات من المعاني المختلفة الاخرى.

اما العقبة الثالثة ، وهي ، على الارجح ، اصعب العقبات تخطياً ، فانها الكلمات التي تستثير المشاعر . ان ثمة فرقاً كبيراً جداً بين الاشارة الى بلد اسيوي بانه متأخر وبين اعتباره « في طور النمو ». كذلك فثمة شعوب وديانات لها اسماء لطيفة من جهة، كما ان لها، من جهة اخرى، اسماء لها معنى مزدوج يمكّن من استعمالها للشتيمة. وقد يكون من الممتع، على سبيل المثال، لو عمدنا الى خطاب يمتدح نظام مدارسنا العامة فحاولنا استبدال الكلمات بمرادفاتها (دون تغيير في المعنى بل في الرجع العاطفي فقط) فاذا به يغدو هجوماً عنيفاً على نظام مدارسنا الخاصة المتأخر . ولما كان من المفترض في الفيلسوف انه محررٌ من قيود العاطفة ، لذلك يفترض في الجدل الفلسفي ان يتحاشى هذه الكلمات . الا ان هذا ، في الواقع ، امر مستحيل .

١ ـ Webster's Dictionary

واذا كانت اللغة العادية زاخرة بالمزالق — حتى بالنسبة للاحاديث البسيطة التي نتبادلها مع اصدقائنا — فانها ، لا شك، محفوفة بالمخاطر بالنسبة للجدل في العلوم وللنقاش الفلسفي في موضوع العلم . لهذا السبب يتوجب بذل الجهد لوضع طراز جديد من لغة لاحد هذين المجالين او لكليهما . وعليه يجب علينا البحث في مشكلتين : مشكلة وضع لغة للعلم ومشكلة وضع لغة اخرى لفلسفة العلم . وبما ان الحل سيختلف بشكل ملحوظ في كل من الحالين — فان علينا مواجهة كل من المشكلتين بمفردها .

في الدفاع عن اللغة المبهمة

علينا، قبل ان ننظر في مختلف المحاولات للتغلب على ابهام الكلام الشائع، ان نسأل انفسنا : هل الابهام مرغوب فيه ام لا؟ نحن متفقون على ان الكلام الشائع مليء بالابهام — الا ان هنالك الكثيرين ممن يؤكدون بان ذلك لا يشكل قصوراً بالنسبة للغة . وعلينا الا نتمثّل بالجرّاح الذي حرص على شرح طريقته الجديدة في استئصال الزائدة الدودية لدرجة انه استأصل زائدة مريض بذات الرئة .

ويستدل من بعض الحجج التي ترد في صالح الابهام اننا اذا اقتصرنا على الكلمات المحددة بدقة في قاموس معين ، فان ذلك يلجم مخيلتنا دون داع ، لان العدد المحدود من الكلمات لا يمكّن من التعبير الا عن قدرٍ محدود من الافكار. الا ان هذه الحجة تستند الى عدم تفهم لطبيعة اللغة. فليس صحيحاً ان عدداً محدوداً من الكلمات لا يمكّن من التعبير الا عن مقدار محدود من الافكار. هنالك ، على سبيل المثال ، نظام رياضي يعرف باسم النظام المزدوج

للارقام[1] حيث يكتفى بكلمتين ، صفر وواحد، للتعبير عن اي رقم اطلاقاً، وبالتالي للتعبير عن عدد لامتناه من الافكار. ومع اعترافي بان هذا النظام غير ملائم في حالات كثيرة ، فان ثمة مثلاً اقرب للافهام يشكل وسيلة ملائمـــة لتحقيق هذا الامر . ففي الترقيم العشري نجد ان ارقاماً عشرة تكفي للتعبير بسهولة عن اي رقم على الاطلاق . وعليه فاذا نحن اعتمدنا بضعة آلاف كلمة محددة بدقة فسيكون بمستطاعنا التعبير بوضوح عن اي فكرة تقريباً .

وقد يعترض البعض بان هذا المثل مستمد من مجال الرياضيـات وليس من مجال الكلام الشائع . والجواب هو ان الكلام الشائع يشتمل على نفس القدر من الامثلة ، الامر الذي يشير ، عرضاً ، الى ان الحد الفاصل بين الرياضيـات والكلام الشائع غير واضح المعالم . لنأخذ الالوان والحرارة مثلين على ذلك . فالرسام من العصور الوسطى كان، لا شك، يستطيع التأكيد اننا لن نتمكن من ايجاد تسمية لكل لون في العالم وسنضطر للجوء الى عبارة مبهمة مثل «ازرق يميل الى الاخضر » ، وان بامكان المرء دائماً ان يرسم لوناً لا تسمية دقيقة له . غير ان العلم الحديث قد تغلب على هذه الصعوبة ، فنحن اليوم نستطيع ، بواسطة تحديد طول الموجة، ان نصف بدقة مطلقة اي لون يمكن ان نتصوره. والامر كذلك بالنسبة للحرارة ، فاذا عدنا بالمخيلة الى ما كانت عليه المدنيـة منذ بضعة آلاف السنين فعلينا ان ندرك، دون شك، بان وصف مقدار الحرارة الكامنة في حاجة ما كان امراً غـاية في الغموض ، ذلك انه قد تكون لدينـا كلمات مثل «ساخن» و «بارد» وكلمات تشير الى الحالة بينهما ككلمة «فاتر» ، الا ان الوصف الدقيق ، او حتى ما يقاربه ، لم يكن متيسراً حينذاك . اما

---

١ – binary system of numbers

اليوم فان اختراع موازين الحرارة قد وفر لنا وسيلة دقيقة تمكّن شخصين من التخاطب حول مختلف مراتب الحرارة والبرودة .

وسأعترف ، بكل حرية ، ان الامثلة المنتقاة الى الآن كانت تهدف لجعل وجهة النظر هذه تبدو كأقوى ما تكون . ان اكثر الكلمات المبهمة والتي قد يكون فيها التباس هي كلمات لا نرى سبيلاً لتوضيحها البتة. الا ان هذه صعوبة في التنفيذ لا في المبدأ . لذلك فان لنا كل الامل في العثور على طريقة لاضفاء الدقة على كل كلمة .

هنالك حجة اخيرة في صالح الكلام المبهم ، وانها لحجة يصعب انكارها: يقال لنا ان هذا الطراز من الغموض الذي نجده في الكلام الشائع ضروري للشعر وللادب بوجه عام . أفليست الفلسفة نفسها ، بعد هذا كله ، ضرباً من الادب ؟ هنا نجد انفسنا وجهاً لوجه امام مغالطة قاسية ، لذلك فانه يكون من الاجدى لو جاء السؤال بالشكل التالي : الا يمكن للفيلسوف ان يؤلف كتاباً بشكل يجعل منه عملا فنياً ؟ هنالك ، بالفعل ، امثلة على ذلك من الماضي ، وانه لعمل لا شك مجدٍ كلما امكن القيام به . لكن الهدف الرئيسي للفلسفة هو عرض الافكار والحجج الواضحة ، لذلك يجب ان يكون هدفها الاساسي جلاء تلك الافكار ، واعتبار محاولتها تجميل هذه الافكار امراً ثانوياً. ولقد تردد السؤال بشأن الشعراء وهل هم ايضاً فلاسفة ممتازون . ولندع افلاطون يجيب على هذا السؤال بالذات : « ان الخجل يكاد يعتريني من ذكر هذا الامر ، الا انه يتوجب عليّ القول ، بالرغم من ذلك ، انه ما من انسان في هذا المجلس الا وفي وسعه التحدث عن شعر هؤلاء الشعراء خيراً من الشعراء انفسهم . لقد بيّن ذلك لي ، في لحظة واحدة ، ان الشعراء لا يقرضون الشعر بدافع الحكمة بل بدافع من عبقرية والهام . انهم يشبهون العرافين وكاشفي

الغيب – الذين قد يتفوهون بأقوال جميلة ولكن دون ان يفقهوا لها معنى » .
هذا المقطع مأخوذ من « الابولوجيا » Apology . ان الخطر الذي يلمّح اليه – اي ان يؤخذ المرء بجمال الكلمات – هو خطر ينبغي للفيلسوف ان لا يقع فيه. لنعط الشاعر والاديب حق استعمال الكلمات المبهمة، اما الفيلسوف فلا يمكن السماح له بذلك . ان عليه ، كما على رجل العلم ، ان يحاول جعل افكاره على ادق ما يمكن وألا يضفي من الجمال على كتاباته الا بقدرٍ يتوافق مع هدفه الاساسي .

لغة العلم

لقد توصل العلم الى حل مشكلة ايجاد لغة ملائمة له – فقد وجد لغة كاملة وعلى جانب كافٍ من الغنى للوفاء بجميع حاجاته – انها لغة الرياضيات . صحيح ان الكثيرين يجدونها صعبة المنال ، ولكن حسبها ان تكون هنالك قلة كافية تتكلمها بطلاقة لكي تتمكن هذه اللغة من سد جميع حاجات العلم الحديث .

ما الذي يجعل الرياضيات مفيدة بهذا القدر كلغة للعلم ؟ هنالك ، اولاً ، انتشارها العالمي . ان قيمة أجمل قصائد الشاعر الانجليزي كيتس تضيع بالنسبة لشخص لا يتكلم الانجليزية ، كما ان رموزنا الدينية لا تعني شيئاً البتة لمن لم يترعرع في تراثنا الديني – اما سيمفونيات بتهوفن فقد لا تجتذب الانسان العادي من اهل الصين. اما، بالمقابل، فاننا نجد حتى انصاف المتمدينين يدركون ان اثنين زائد اثنين تساوي أربعة. ان الرياضيات تمثل الانجاز العالمي الوحيد الذي حققه الانسان الى اليوم .

وقد اشار برتراند راسل الى ان السبب في الصعوبة التي يلقاها تلامذة المدارس في تفهم ما يعنيه الرمز « س » يعود الى انه لا يعني شيئاً البتة . وهذا هو السبب ايضاً في انه يمكن اعطاء « س » معاني كثيرة مختلفة . ان الطبيعة التجريدية للرياضيات تضفي عليها ، بالاضافة، مزيتين كبيرتين. فهي، في المقام الاول ، تجعل الرياضيات واسعة التطبيق ضمن نطاق العلم، كما انها في المقام الثاني، تحررها من شر مزالق الكلام الشائع اي من الرجح العاطفي .

ان هذه الملاحظة المقتضبة تشير فقط الى ان العلم قد توصل الى حل مشكلة اللغة لديه . وسيجري البحث في الفصل التالي في الطريقة التي تؤدي الرياضيات بها دورها . اما الآن فعلينا ان نواجه المشكلة اللغوية التي تجابه الفيلسوف .

لغة الفلسفة

هنالك عدد كبير من الفلاسفة المعاصرين الذين يأملون ان يمكن ايجاد لغة دقيقة للفلسفة عن طريق المنطق الرياضي[1] الحديث . ولقد انجزت اعمال مرموقة في هذا المجال ، نخص منها بالذكر ، جهود رودولف كارناب[2]، الا ان هذا الامر يبدو حالياً وكأنه مشروع من عالم الخيال .

ويعتمل في نفس الفيلسوف تنازع بين رغبتين متضاربتين: رغبته في الدقة وحرصه على ان يُفْهَم . وها كم مثلاً على رغبة الفيلسوف في الدقة كما نجدها

---

١ – Mathematical Logic

٢ – Rudolph Carnap

في تفسير كلمة « شرح »[1] في « قاموس الفلسفة »[2]: « انهـا الوسيلة للاشارة ، بشكل غير متتابع ، الى ان الظاهرة ، او مجموعة الظاهرات ، تخضع لقانون ما عن طريق علاقات سببية او وصفية ، او انها بشكل مقتضب ، التحليل المنسق لظاهرة ما استهدافاً لتحديد اسبابها. ان عملية الشرح تشير الى اعتمال او كمون اللاحق في السابق وبشكل يمكن الظاهرة المعنية من ان تُشتَقّ وتَنَمّى وتَنفصل عن السابق الذي قام بتكييفها » . قد يكون هذا تعريفاً مثالياً بالنسبة لبعض الفلاسفة ، غير ان قلة هم الناس الذين يمكن لهم فهمه . ومن جهة اخرى ، فان تعريفاً بسيطاً كأن نقول : « ان الشرح ينبئنـا عن السبب في وقوع حادث ما » ، انما هو تعريف قد يسهل فهمه لكنه من الابهام على درجة تجعله دون قيمة. وقد يكون من الجلي ان التعريف الصحيح المجدي يجب ان يجيء بين هذين الحدين ، لكن هذا الهدف صعب التحقيق .

هناك ارتباط ، في اذهان الكثيرين ، بين الفلسفة واستعمال الكلمـات الضخمة . فيعترينا بعض الاحيان شعور مرهب بان الفيلسوف يبدأ بعبـارات امثال « فلسفة التعالي »[3]، « الوحدانية الحيادية »[4]، « النسبية الاخلاقية »[5]، « الواقعية العينية »[6]، « الظاهرية »[7]، « مراتب الوعي التركيبية المسلم بها »[8]، وانه يستعملها لتركيب ما يعتبره افكاراً معقدة . قد تكون هـذه الصورة

---

١ — Explanation
٢ — The Dictionary of Philosophy
٣ — Transcendentalism
٤ — Neutral monism
٥ — Ethical relativism
٦ — Representative realism
٧ — Phenomenalism
٨ — A prioi synthetic categories

مبالغاً فيها، الا انه ما من شك في ان كتب الفلسفة حافلة بالكلمات الضخمة.

كيف تصبح هذه الكلمات قيد الاستعمال؟ انه من السهولة بمكان ان نستعيد ما يخطر بالفعل ببال الذين يُرَكّبون هذه الكلمات، فهم يؤلفون عدداً كبيراً من الكتب ويجدون ان ثمة سلاسل طويلة من كلمات عادية تستعاد المرة تلو المرة ، فيغدو من الملائم لهم ان يختصروها بكلمات جديدة تتكرر بدورها فيجري حصرها مجدداً ، وهكذا دواليك حتى تتخذ الكلمات واختصاراتها شكلاً هرمياً تحتل الكلمة الضخمة ذروته . ان هذا المظهر من الكلمات الضخمة له فائدته الكبرى ، فلو لم توجد هذه الكلمات لكانت كتب الفلسفة اطول مما هي الآن . وطالما كانت هذه الكلمات الضخمة تستعمل بشكل يمكّن ، في جميع الاوقات ، من استبدالها ، على الاقل مبدئياً ، بسلاسل الكلمات التي اشتقت منها فليس على استعمالها من اعتراض .

اما الصعوبة فانها تبرز ، كما في حال الابهام ، حين تستعمل الكلمات الضخمة لتغطية الجهل ، اي عندما تشير ، بشكل غامض ، الى انها تقوم مقام سلسلة طويلة من الكلمات ، مع تلميح وحسب ، الى ما يمكن للسلسلة ان تكون ، ومع الافتراض بان علينا ان نُخَمّن بالضبط ما جال في خاطر المؤلف . هذا هو الخطر الذي يكمن في استعمال الكلمات الضخمة . وتشكل كلمة «جشطلت»[1] مثلاً على ذلك ، فهي من الكلمات التي تلاقي رواجاً عظيماً عند الفلاسفة من طراز معين، مع ان اكثرهم يستعملها استعمالاً ادنى ما يكون الى الغموض . انهم يدّعون انها تمثل احد مفاهيمهم الاساسية ، وانه يمكنهم

---

١ — Gestalt تشير هذه الكلمة الالمانية الاصل الى المذهب السيكولوجي الذي ينص على وجوب دراسة الاختبارات كوحدات ، لا كأجزاء منفصلة ، وعلى ان الكائن الحي يعمل ككل . — المترجم

بفكرة الجشطلت وحدها ، ان يلخصوا ضروباً مختلفة من الوقائع كانت تظل لولاها غير منتظمة . الا انه يمكن لنا ، بشكل او بآخر ، ان نفتش كتبهم جميعها دون ان نعثر على ماهية الجشطلت بالضبط .

ويبدو ان هنالك طريقين مفتوحين امـام الفيلسوف . الاول هو اللجوء الى لغة مصطنعة، كمنطق الرياضيات مثلاً، يتبع فيها الفيلسوف خُطى العالِم، اما الثاني فهو محاولة اعادة سكب احدى اللغـــات العامة ، كالانجليزية مثلاً (والانجليزية الاساسية[1] مثال على هكذا محاولة) . ولربما يكون من المفيد ان ننعم النظر قليلاً في هذه الفكرة .

يحسن بنا ، بدلاً من الدخول في جدل حول الفوائد النسبية للاقتراحـات الواردة بشأن لغة انجليزية اساسية، ان نبدأ من اول السلم فنبحث في كيفية وضع لغة كهذه. سوف نباشر بالكلمات الصغيرة في اللغة الانجليزية التي تكون جلية المعاني عند الناس جميعاً. وقد يكون عدد هذه الكلمات قليلاً ، الا انها تشكل نقطة انطلاق حسنة. وقد نطلق عليها اسم « كلمات مرتبة الصفر»[2]. على هذا الاساس يمكن لنا تحديد كلمات المرتبة الاولى التي تلي مرتبة الصفر ، التي تكون تعريفاتها محتواة بشكل جلي في كلمات مرتبة الصفر . وقد يتبين لنا ، في هذه الاثناء ، ان بعض الكلمات التي نرغب في وضعها في المرتبـة الاولى هي على درجة من الابهام في الاستعمالات الشائعة ، فلا يؤدي اعتمادهـا الا الى المزيد من البلبلة . فندخل على اللغة ، في هذه الحالة ، كلمات جـديدة كل الجدّة . وعند ذاك يمكن لنا ، باستعمال كلمات في مرتبة الصفر وكلمـات

---

١ — Basic English وهي لغة انجليزية مبسطة الى عدد محصور من الكلمات — المترجم

٢ — Zero – level words

المرتبة الاولى ، ان نعرف كلمات اكثر تعقيداً تقع في المرتبة الثانية، وهكذا دواليك ما دام ذلك يحلو لنا. وقد يكون من المجدي ان نعمد الى قياس مبلغ كِبَر كلمة كبيرة ما عن طريق تحديد المرتبة التي نصل اليها عندها . اننا ، لدى تدوين هذه التحديدات والتعريفات ، نكون قد وضعنا قاموساً من نوع جديد .

ولن يكون قاموسنا هذا خلواً من الابهام والالتباس فحسب ، بل خلواً من الترداد ايضاً ، ذلك ان جميع القواميس العادية تردادية بالضرورة ، لان المؤلف يعرّف كل كلمة فيها ، اي ان الكلمات التي يقوم بتعريفها واردة في التعريفات نفسها . والطريقة الوحيدة لتفادي الترداد تكون بايجاد كلمات من مرتبة الصفر ، (اي التي تظل دون تعريف) . ويمكن ان نتصور الاطفال وهم يُلقّنون كلماتهم الاولى مبتدئين من كلمات في مرتبة الصفر يسهل عليهم فهمها ، يضيفون بعدها الى معرفتهم مرتبة بعد مرتبة الى ان تغدو حتى الكلمات الكبيرة واضحة عندهم وضوح ابسط كلمة في ادنى مرتبة . ان اعادة تشكيل الكلام الشائع على هذا النمط، يمكن لها ان تتغلب على شرّين كبيرين: الابهام والالتباس؛ فتؤدي بذلك خدمة عظمى في سبيل التخلص من المغالطات اللفظية التي لا نفع منها ، الا انه يخشى الا تستطيع حتى محاولة كهذه ان تتغلب على المصاعب الناشئة عن الرجع العاطفي للكلمات .

ان هذا النوع من العمل يظل بعيد المنال بالرغم من أن صعوبة تحقيقه ليست بمقدار الصعوبة الكامنة في محاولة اعتماد المنطق الرياضي في الفلسفة ، وتتبدى لنا ههنا صعوبتان كبيرتان بديهيتان : فعلى المرء، من جهة، ان يشكل لغة اساسية كهذه، وهو جهد يفوق طاقة البشر، وهنالك ، من الجهة المقابلة، تردد جد طبيعي لدى الناس عامة في تقبل هذه اللغة. واذا اردنا ذكر احدى

الصعوبات الكثيرة التي تعترض طريق هذا التقبل فعلينا ان نفكر في جميع المؤلفات الادبية التي تغدو بالية غير مقروءة بالنسبة الى جيل جديد نشأ وهو يتكلم تلك اللغة الجديدة .

ومع ان الغاية التي تستهدف لغة كلية الدقة من اجل الفلسفة هي غاية مثالية فليس ثمة ما يمنعنا ، في مجادلاتنا ، من محاولة الاقتراب من هذه الغاية كأحسن ما يمكن الاقتراب . هذا هو المبدأ الذي سأعتمده مرشداً لي في هذا الكتاب . وسأبذل كل ما في وسعي ليكون هذا الكتاب سهل القراءة مع المحافظة على دقة ما يرد فيه من قول . وسأحاول ، حيث يمكن، ان استعمل مجموعة من الكلمات الصغيرة بدلاً من كلمة كبيرة . وليس يبدو ان ثمة سبباً ، من حيث المبدأ ، يمنع المرء من ان يجعل عرض المسائل العويصة امراً مرغوباً فيه ، بمعنى ان يمكّن عدداً كبيراً من الناس من فهمها دون ان يفقدوا جوهر طبيعة هذه المشاكل . لقد وضح هذا الامر في الكتابات العلمية ، فصحيح ان الكتابات الاصلية لغالبية العلماء أبعد من منال ادراك القارىء الذكي العادي ، وان التبسيط الشائع لها حافلٌ بالاغلاط بالرغم من سهولة فهمه ، الا ان ثمة عدداً قليلاً من كتب ممتازة في تبسيط العلوم استطاعت الجمع بين صرامة العالم الخلاق وسهولة القراءة لرواية مشوقة . هذه هي الغاية التي أستهدفها في بحثي عن فلسفة العلم . هنالك بالطبع ، عدد ملحوظ من القراء الذين يزنون تعمق كتاب ما بما يحتويه من الكلمات الكبيرة وبمقدار صعوبة فهم فصوله المختلفة . انه لا يسعني ، بالنسبة لهؤلاء القراء ، الا ان ارجو بان يبدو لهم كتابي هذا سطحياً جداً .

كلمة جد مهمة

هنالك كلمة ــ مفتاح يجب ان نتفق على معناها منذ البداية. هذه الكلمة،

بالطبع ، هي « العلم » . الا انه مما يؤسف له ان تكون هذه الكلمة ملتبسة. فهنالك معنيان متقاربان لكنهما مختلفان استعملت هذه الكلمة للدلالة عليهما، الاول هو الكلمة الالمانية «Wissenschaft» التي تشير الى طراز جد عام من النشاط الفكري ، والتي ترجمت الى كلمة « Science » باللغة الانجليزية . أما الثاني فهو المعنى الضيق لكلمة « العلم » كما هو متداول في الولايات المتحدة الامريكية . ففي المدلول الاول لهذه الكلمة نجد جميع انواع الاجتهادات التي لا تمت بكثير صلة بعضها الى بعض وقد حشرت في تسمية واحدة. فاذا نحن نتكلم ، من طرف ، عن علم المنطق وعلم الرياضيات؛ ونتكلم ، في الطرف الآخر ، عن علم الاخلاق . ان تجمع هذا المقدار من المفاهيم المختلفة يجعل من العسير جداً اطلاق تعميم ينطبق عليها جميعاً .

اراني لهذا السبب ، أرغب في رفض اللجوء الى كلمة « علم » بمعناها الواسع . لذلك فحيثما ترد كلمة « علم » في هذا الكتاب ، فانني أعني بها مجالاً كالفيزياء ، والكيمياء ، والبيولوجيا ، وعلوم الاجتماع التي هي في الواقع ، او التي يمكن ان تكون «علمية» حسب الاستعمال الشائع لهذه الكلمة. وسأحاول، باقتصاري على هذا النطاق المحدد ، ان ابين أن هنالك نشاطاً اساسياً مشتركاً لجميع هذه المجالات ، كما سأحاول اقامة الدليل على انه بالرغم من الفوارق السطحية التي تتبدى لدى التفحص الاول ، فان جميع هذه المجالات تتوافق حول الكيفية التي تتقبل بها نظرياتها . فهذه النظريات تستند كلها في التحليل النهائي ، الى المشاهدات الواقعية في المجالات جميعها. انها تنبثق عن مشاهدات واقعية وتجد مسوّغها النهائي في المزيد من هذه المشاهدات . هذا هو الرباط المشترك الذي يوحد بين مختلف نماذج النشاطات العلمية ، والذي لا تشاركها فيه النماذج الاخرى من المساعي الفكرية . وسأحاول اقامة الدليل على ان

العلم، بالمعنى الذي اعتمدته، يتخذ الرياضيات أداة له من جهة، وتتخذه الاخلاق وغيرها اداة لها من جهة اخرى ، بيد اني سأحاول اقامة الدليل على ان الرياضيات او الاخلاق لا يشكل احدهما علماً بحد ذاته .

والآن يمكن لنا، بعد هذه الملاحظات التمهيدية، ان ننظر في أمر معضلتنا المهمة الاولى ، أي في السؤال : كيف تُستَخدَمُ الرياضيات في العلم ؟

٢ الـريـاضـيـات

لما كان الامر يتطلب خمسة عشر عاماً من الدراسة قبـل ان تتكون للمرء فكرة بسيطة عن مدار الرياضيات، أراني متشككاً حول الجدوى من عرض مقتضب لهذه المعضلة المتشابكة . غير انه يتوجب علينا ، بالرغم من ذلك ، ان نحاول التوصل الى تحسس بطبيعة هـذا الموضوع . ففي المدارس الثانويـة نجد ، عادةً ، ان الاساتذة انفسهم لا يتفهمون طبيعة الرياضيات الحقـة ، الامر الذي يعرقل تفهم التلاميـذ لها . فتراهم يزينون للتلميـذ فضائل الاهتمام بالرياضيات عن طريق الوعود بأنها ستكون ذات فائـدة له يوماً مـا في فك العملة او بناء الاهرامات او صنع القنابل الذرية . وانها لمدرسة ثانوية ممتازة بحق ، تلك التي تحاول تدريس ماهية الرياضيات بحد ذاتها ، والتمييز بينهـا وبين وجوه استخدامها .

أملنا الوحيد اذن ، هو ان نبدأ من البداية .

ما ليس بالرياضيات

هذا ، في المقام الاول ، احتجاج موجه ضد جميع اساتذة المدارس الثانوية

الذين حاولوا جعل تلامذتهم يعتقدون ان الفرضيات الرياضية حقائق بديهية . أفلم يزعج الواحد منا ان يجدهم يتطلبون أسابيع عديدة من الجهد الدؤوب ليقنعوه ببديهية كون زاويتي القاعدة متساويتين في المثلث المتساوي الساقين ؟

ولنأخذ قضية رياضية مشهورة كمثل على ذلك: « كل عدد شفع[1] هو مجموع عددين أصمين[2] (والعدد الاصم هو عدد لا تمكن قسمته بالتساوي الا على نفسه او واحد) مثلاً : ٢ = ١ + ١ ، ٤ = ١ + ٣ ، ٦ = ٣ + ٣ ، ٢٠ = ٧+ ١٣ ، وهكذا . ولكن أيصدق هذا على جميع الاعـــداد الشفع ؟ اذا كانت القضايا الرياضية بديهية بالفعل ، فان انعام النظر لهنيهة في هذه القضية كفيل بان يبين لنا هل الامر دائماً على هذه الصورة . الا انه يجدر بالقارىء ، قبل ان يقضي ما تبقى من عمره في الاجابة على هذا السؤال ، ان يتنبّه الى ان عالِمَ الرياضيات الالماني هـ . جولدباخ ، عرض هذه القضية بشكل «أحجية» على أهل الرياضيات منذ مدة غير وجيزة، وان كبار علماء الرياضيات حاولوا، خلال أعوام عديدة ، اقامة البرهان على صدقها او بطلانها ، دون ان يصيبوا في مسعاهم أي نجاح . اذن فخلاصة القول هي ان قضايا الرياضيات ليست بديهية .

وسيكون من المجدي لنا ، قبل ان نتابع البحث، ان نأخذ بعين الاعتبار أنواع القضايا المختلفة التي تواجهنا ، لهذا أجدني مضطراً لعرض أربع كلمات كبيرة . فمن أقدم الاسئلة التي كانت تطرح حول مختلف المشاكل سؤال يدور حول امكان حل هذه المشاكل عن طريق العقل المجرد او هـل ينبغي اللجوء

---

١ - Even number

٢ - Prime number

الى حقائق عن خارج الكون للوصول الى الحل الصحيح . وهنـــا تجول في مخيلتنا صورة الاغريق وهم قابعون في غرفة منعزلة، وقد استغرقوا في التأمل لا يخرجون منها للبحث عن الحقائق الا كملجأ اخير . ان القضايا التي يمكن اقامة الدليل على صحتها او بطلانها عن طريق العقل المجرد (قبل المشاهدة) تسمى قضايا « مسلم بها »[١]. أما باقي القضايا ، التي لا يمكن الحكم بها الا بعـد توافر الحقائق ، فانها تدعى قضايا الاستدلال اللاحق — او قضايا لاحقـة [٢] . وهاتان العبارتان اللاتينيتان ، المشتقتان من كلمتي « قبل » و «بعد» ، شائعتان الى درجة شعرت معها بوجوب عرضهما ههنا . وهنالك أيضاً تقسيم ثان شائع للقضايا يضاف (او يفترض ان يضاف) الى التقسيم الاول[٣]. فالقول بأن «كل من كان أصلع الرأس فهو أصلع » لا يوفر اي معلومـات واقعية ، اما وجـه الصدق فيها فيستبين من معنى الكلمات المستعملة . كذلك فالقول بأن «لبعض العازبين زوجات جميلات » ، هو قول خطأ بسبب الطريقة التي استعملنا فيها كلمة « عازبين » . ان قضايا كهذه التي لا تزيد عن كونها تحليلاً لمعنى بعض الكلمات ، تسمى قضايا « تحليلية »[٤]. ان لاكثر القضايا ، بالطبع ، محتوى واقعياً كالقول الصحيح « بعض الرجال صلع الرؤوس » والقول الخطأ « لجميع الرجال زوجات جميلات » . وتسمى هذه القضايا الواقعية قضايا « تركيبية »[٥] وعليه نجد لدينا أربعة نماذج من القضايا بحسب التقسيمات التالية :

---

١ — a priori propositions

٢ — a posteriori

٣ — اي الى تقسيم القضايا الى ما كان مسلماً به وما لم يكن . — المترجم

٤ — Analitic propositions

٥ — Synthetic propositions

	مسلم بها	لاحقة
تحليلية	نموذج ١	نموذج ٢
تركيبية	نموذج ٣	نموذج ٤

وتجدر الاشارة الى ان هـــذا التصنيف يبيّن كيف يمكن تعيين النموذج الذي تنتمي اليه قضية ما كما انه يدل على محتواها ، غير انه لا يشهد بصدقها او بطلانها ، ذلك انه يمكن لاي قضية ان تكون صحيحة او غير صحيحة ، كما تبيّن لنا من الأمثلة السابقة .

ولننظر في القضايا التحليلية، بادىء ذي بدء ، لأنها لا تسبب أية مشكلة. انها أكثر القضايا التي لدينا ثبوتاً ، ذلك انه يكفي لنـــا ان نستطلع معنى الكلمات المستعملة فيها لنستبين هل القول صحيح او خاطىء ، دونما حاجـة الى أدلة واقعية، فالعقل المجرد ينبئنا ان جميع الرجال الصلع هم صلع. وعليه نجد ان جميع القضايا التحليلية قضايا مسلم بها ، أي انهـــا لا تنتمي قط الى النموذج «٢» في الرسم المتقدم .

أما القضايا التركيبية فأمر أعقد ، فهنـالك العديد من القضايا التي تنتمي الى النموذج «٤» ، ولما كانت القضايا العادية ، في غالبيتها ، قضايا واقعيـة ، فانه يتوجب علينا ان نقوم فعلاً بالمشاهدة قبل ان نتمكن من الحكم بصدقها او ببطلانها . فالقول بأن « طول جميع المواطنين الامريكيين لا يزيـــد على عشرة اقدام» انما يعبر عن أمر واقعي، وعلينا ان نتحرىماية وسبعين مليوناً من الناس لنستوثق من صدقـه . واذن يجب علينـــا ان نسأل : أيستطيع الفكر بمفرده ان ينبئنا بأي شيء عن الكون ؟ هل ثمة قضايا واقعيـة يمكن

الاستيثاق منها عن طريق العقل المجرد ، أي بكلمة اخرى ، هل ثمة قضايا تركيبية مسلم بها (النموذج «٣») ؟

ان أشهر القائلين بوجود قضايا كهذه في الازمنة الحديثة هو الفيلسوف الالماني الشهير امانويل كانت[1]. اما نظريته فشرحها عسير وفهمها أعسر . الا انه يمكن القول ، بشكل جد تقريبي ، انه كان يعتقد بأننا ننظر الى العالم من خلال زجاجات ملونة ، او ان عقولنا ، بالاحرى، تطبع العالم الحسي بطابع معين ، يعبَّرُ عنه بواسطة المدى والزمن وبعض « المراتب »[2] المعينة (ولا حاجة بنا في هذا الكتاب للنظر في معنى كلمة مراتب) . وما يهمنا من الأمر هنا ان قضايا الرياضيات بحسب كانت ، هي قضايا من طراز النموذج «٣» . فهي تعبر عن أمور واقعية لأنها تنبئنا بشيء ما عن خبرتنا . الا انه يمكن معرفة هذه الامور عن طريق العقل المجرد لأن العقل هو الذي طبعها على الواقع. هذه نظرية من أبرع النظريات الفلسفية التي وضعت اطلاقاً ، وانه لمن المؤسف حقاً ان كانت كان مخطئاً الى هذا الحد . اما اسباب ذلك فسوف تتوضح في مكان لاحق من هذا الفصل .

اذن فقد وجدنا ان جميع القضايا التركيبية قضايا لاحقة . وان النموذجين «١» و «٤» هما الوحيدان الصحيحان . كذلك فثمة ، في المقابل ، قضايا يمكن التحقق من صحتها او بطلانها عن طريق العقل المجرد ، وليس ذلك كذلك الا لأنه يستند الى معنى الكلمات المستعملة ، كما ان هنالك القضايا الواقعية التي لا يمكن الحكم عليها او لها الا استناداً الى المشاهدة . فالى اي نموذج من هذين النموذجين تنتمي الرياضيات ؟

١ – Immanuel Kant

٢ – Categories

كان جون ستيوارت مِلّ[1] ، الفيلسوف البريطاني العظيم الذي عاش في القرن التاسع عشر ، احد الذين قالوا بأن قضايا الرياضيات واقعية وبأنها ، بالتالي ، تستند الى المشاهدة . وكان يعتقد ان السبب الوحيد الذي يجعلنا واثقين من صحة نظريات الرياضيات هو ان المشاهدة قد أكدتها الى حد اضحت معه ثابتة عملياً. الا انني سوف ألجأ الى مثلين ممتازين وضعهما ش. ج. هيمبل[2] لأدلل بهما على بطلان هذه النظرة .

اذا كانت قضية ما واقعية فاننا نقوم ببعض المشاهدات للتحقق منها ، فاذا توافقت المشاهدات مع ما كنا نتوقعه فاننا نقبل بالقضية ، اما اذا كان الأمر على الضدّ من ذلك فاننا نرفضها . الا اننا عندما نحاول الشيء نفسه مع القضايا الرياضية فسنجد انها لا تسير وفق هذه الطريقة . ولنفرض اننا أردنا التحقق من القضية التالية «٣ + ٢ = ٥» ، بأن أخذنا ثلاث جراثيم ووضعناها على زجاجة مجهر ثم عمدنا الى جرثومتين اخريين ووضعناهما على نفس الزجاجة ولنفرض اننا قمنا بتعدادها ووجدنا ست جراثيم بدلاً من خمس ، فقد نستنتج ان ثمة جرثومة كانت على الزجاجة من قبل ، او اننا اخطأنا العد ، او ان احدى الجراثيم انقسمت الى اثنتين . الا اننا لن نستنتج بحال من الاحوال ان ٣ + ٢ لا تساوي ٥ !

ولنحاول ايضاً التحقق من صحة القول انه اذا كان أ = ب ، وب = ج ، فان أ = ج ، فنأخذ قطعة من قماش ازرق اللون ثم نأخذ قطعة مماثلة لها وثالثة شبيهة بالثانية . ولنفرض اننا وجدنا فرقاً ملحوظاً بين القطعة الاولى والقطعة الثالثة ، فان ذلك لا يجعلنا نستنتج ان القضية الرياضية على خطأ ،

---

١ – John Stuart Mill

٢ – C. G. Hempel

بل ان ثمة فروقاً طفيفة بين القطعة الاولى والثانية كما بين الثانية والثالثة وان هذه الفروقات لا تبدو بوضوح الا حين مقارنة بعضها بالبعض الآخر. فلو نحن حاولنا تخيل سبلٍ اخرى للتثبت من القضايا الرياضية العادية، فاننا سنجد، في كل حالة بمفردها، اننا لا نرفض القضية قط، بقطع النظر عن نتيجة المشاهدات. وعليه يتوجب علينا ان نتخلى عن الرأي القائل ان القضايا الرياضية هي قضايا واقعية.

اذن فليس لنا خيار — ان القضايا الرياضية هي قضايا تحليلية مسلم بها — وهي تتشكل من تحليل لمعاني الكلمات. فما الداعي اذن للاهتمام بها، اذا كان هذا كل ما في الامر؟

ما هي الرياضيات

قد يكون من المجدي لنا، بدلاً من الاجابة على هذا السؤال، ان نطرح سؤالاً جديداً: «ما هي العلاقة بين الرياضيات والمنطق؟» ان المنطق يختص بالشكل الذي تتخذه القضايا والحجج. وتعد كلمة «شكل» من الكلمات الكبيرة، بالرغم من وقعها الخداع ببساطته.

ولكلمة «شكل» معان مختلفة، أقربها متناولاً «صورة الطلب» او «الاستمارة» التي يطلب الى المرء ان يملأها. ويعيننا على ذلك اذا نحن فكّرنا في «طلب» الانتساب الى كلية او لاشغال وظيفة، حين يعطى المرء «ورقة طلب» يملأ ما فيها من فراغ بالمعلومات المطلوبة عن تاريخ حياته. اذن، وبشكل مبدئي، فان المؤسسة او الشركة تكون قد قدمت «الطلب» ويكون

طالب الانتساب او الوظيفة قد قدّم محتوياته . ولنحـــاول الآن ان نقوم بالعملية نفسها بالنسبة لبعض القضايا التي نظرنا فيها سابقاً ، فنأخذ القول بأن « جميع الرجال الصلع هم صلع » هنا نجـد ان « الشكل » في هذا القول هو « جميع — ... هم — » (وقد لجأت الى استعمال طرازين من الاشارات الى الامكنـة الفارغة لأبين أن ثمـة كلمتين ناقصتين . والاشارة الاولى والاخيرة متشابهتان ، مما يدل على وجوب ملئهما بالكلمة نفسها في الحالتين) . من هذا «الشكل» يمكن لنا ان نحصل لا على «جميع الرجال الصلع هم صلع» بل كذلك على «جميع جواميس النهر الكسولة هي كسولة» ، وعلى « جميع الكتب المملة هي مملة» ، وعدد لا يحصى من غيرها من الاقوال، لها جميعاً الشكل نفسه. ولما كنـا نعلم ان القول الاول صحيح بالنظر لشكله ، لذلك فان جميع الاقوال الاخرى صحيحة هي الاخرى . وعليه فاننا أثبتنا بجرة قلم واحدة ، صحـة عدد لا يحصى من القضـايا — هذا هو هدف المنطق الذي يستطيع ، بدراسة الاشكال فقط ، ان يتوصل الى نتائج ذات تطبيقات بعيدة المدى .

وقد يكون من المناسب ، وقبل اعطاء مزيد من الأمثلة ، ان نتعرف الى علامات جديدة ، لأن استعمال اشارات مختلفة للدلالة على الفراغات الواجب ملؤها أمر على شيء من السماجة . ولهذا السبب استنبط علماء الرياضيات حيلة استعمال حروف خاصة مثل «س» ، « ص » ، « ع »[1] كما لو كانت فراغات . وقد سميت هذه الحروف بمتحولات ، لانه يمكن استبدالها بمختلف الاشياء ، اي انهـا ، بكلمة مقتضبة ، فراغات يجب ملؤهـا . ولنلجأ الى هـذه الحيلة لدراسة شكل حجة مشهورة تدعى « القيـــاس »[2]. فمن القول بأن « جميع

١ — X, Y, Z

٢ — Syllogism

الابقار ذوات اثداء » والقول بأن «جميع ذوات الاثداء من الحيوان» نستنتج بان « جميع الابقار من الحيوان » . اي ، بكلمة اخرى ، اذا كانت القضيتان الاوليان صحيحتين فانه يتوجب ان تكون الثالثة صحيحة . وتتخذ هـــذه الحجة الشكل التالي « اذا كانت كل «س» هي «ص» وكل «ص» هي «ع» ، كانت كل «س» هي « ع » » . وتعتبر هذه من الحجج البسيطة جداً ، الا انها نموذجيــة بما يكفي لتحسين مفهومنا للمنطق .

سبق وقلت ان المنطق يُعنى بدراسة الشكل فقط ، كما أكـّدْتُ اهمية الفراغات. غير انه ليس بالامكان ان يقيم المرء شكلاً ما من الفراغات وحدها. غير اننا نجد في الامثلة التي أوردناها كلمات مثـل « جميع » « هم » « و » « اذا.... فان » . ولهذه جميعاً معان محددة واضحة بصرف النظر عما تَزُجُّ به في المكان المخصص للمتحولات . وهنا أجدني اتقدم بتعبير فني جديد هو : « الثابت » . ان « الثابت » ، في علم المنطق، هو كلمة او رمز له دلالة معينة لا تتغير بالمقارنة مع المتحولات . وعلى وجه اخص ، فان الثوابت التي تشبه الاربعة المذكورة اعلاه تسمى ثوابت منطقية ، طالما ان المنطق يحتاج اليها في اقامته للاشكال . ومن جهة اخرى ، فان الثوابت التي نستعملها لحشو ما بين المتحولات تدعى «ثوابت الموضوع»[١]، لأنها توفر محتوى القضية او موضوعها.

هـــذه الاعتبارات الاولية تمكننا من تفحص طبيعة المنطق ومن عبرها طبيعة الرياضيات. ان المنطق يقوم بدراسة معنى الثوابت المنطقية والطريقة التي تَلِجُ بها هـذه الثوابت اشكال القضايا . والمزية الكامنـة في التركيز على الاشكال التجريدية هي ان النتائج التي تتأتى ممكنة التطبيق على اي موضوع

---

١ — Subject – matter constants

اطلاقاً . ومن المهم لنا ان ندرك انه بالرغم من الجهد الاضافي الذي يتطلبه القيام بعمل على نطاق لا تخصيص فيه ، فان في ذلك ما يوفر الجهد بالفعل في المدى الطويل. واذا امكن لحجة شاملة ان تحل مكان عددٍ لامتناه من الحجج الخاصة المحدودة ، فذلك يعني انه لا يمكن الاستغناء عن الحجج الشاملة .

وقد يكون من الممتع ان نذكر احدى نتائج دراسة الثوابت المنطقية . فقد تبين انه يكفي ان يكون لدينا ثلاثة منها : «جميع» ، «لا..... ولا» ، « هي » او « هم » لنقيّم بها جميع الاشكال التي يمكن ان تخطر ببالنا . ان هذه النتيجة قد ادت الى تبسيط كبير في دراسة الاشكال المنطقية .

اذن يمكن لنا تلخيص ما سبق بقولنا ان المنطق يأخذ شكل القضايا بعين الاعتبار فيبدأ بالنظر الى الاقوال او البيانات ويدرس معاني الكلمات الواردة وقواعد التركيب اللغوي الذي سويت الكلمات بحسبه ، الى ان يصل اخيراً الى الشكل التجريدي للقضية كما يعبر عنها القول المستند اليه. وما يود المنطق معرفته هو هل القضية التي تجيء على شكل معين صحيحة بالضرورة ، او باطلة بالضرورة . ان نظرة سريعة نلقيها على جدول نماذج القضايا تبين لنا ان المنطق يهتم بالقضايا التحليلية ، لانه يريد ان يكون قادراً على الحكم بالصحة او البطلان بالاستناد الى الشكل فقط دونما استئناس بالحقائق .

من هذا يتبين السبب الذي يجعل علماء المنطق يسلخون ذلك القدر من الوقت لدراسة وحدات بناء المنطق من اشكال وثوابت ومتحولات، وكذلك الوشائج التي تربط بينها – اي قواعد التركيب اللغوي التي تتشكل الاقوال بحسبها . ان المنطق ، اذ يغوص الى اعمق جذور اللغات ، يتوصل الى نتائج يمكن تطبيقها اوسع تطبيق .

ولنترك الآن طبيعة المنطق لنلتفت الى علاقتـه بالرياضيات . لقـد لخص برتراند راسل هـــذه العلاقة تلخيصاً بليغاً اذ قال : « لقد كانت الرياضيات والمنطق ، من الناحية التاريخية ، يشكلان دراستين مستقلتين تماماً ، فكانت الرياضيات مرتبطة بالعلم ، والمنطق باللغة اليونانية . الا ان الاثنين قد تطورا خلال الازمنة الحديثة : فغـدا المنطق يجنح اكثر فأكثر نحو الرياضيات ، كما اصبحت الرياضيات نفسها اكثر تعلقاً بالمنطق ، الامر الذي ادى الى استحالة اقامة حد فاصل بين الاثنين ، فالاثنان ، في الواقع ، واحد ، لا يختلفـان الا بما يختلف بـه الصبي عن الرجـــل : فالمنطق هو طور شباب الرياضيات ، والرياضيات طور رجولة المنطق » .

وعلينا الآن ان نرى كيف يمكن البرهان على عينيّة[١] هذين المجالين . لقد جرى هذا بالفعل في نهـاية القرن الماضي واوائـل القرن الحاضر ، وامكن البرهان على ان الرياضيات جميعها قائمة على خصائص الاعداد الصحيحة . فاذا كان المرء على دراية كافيـة بهذه الاعداد ، فانه يتمكن من استنتاج بقيـــة الرياضيات بواسطة الحجج المنطقية الصرف . لذلك يمكن لطبيعة الرياضيـات ان تتطابق مع طبيعة نظرية الاعداد الصحيحة وقد حاول عالم الرياضيـات الايطالي جيوسي بيانو[٢]، في اواخر القرن المـاضي ، ان يبرهن ان خصائص الاعداد الصحيحة تقوم على خمس فرضيات، وان الرياضيات جميعها اذن تقوم على هذه القضايا الخمس للمنطق الصرف . لقد كانت هذه الحلقة ، في الواقع ، غير مكتملة، الا ان المنطق الرياضي في هذه الاثناء – اي المنطق الذي يدعمه استخدام الوسائل الرمزية في التعبير – كان في طور الانشاء على يدي عـالِم

---

١ – identity – اي ان المجالين واحد .

٢ – Giuseppe Peano

الرياضيات الانجليزي جورج بول[1] وعالم المنطق الالماني جوتلوب فريج[2]. وقد ادت جهودهما الى ظهور مؤلف عظيم الشأن ، هو « مبـادىء الرياضيات »[3] (كتاب فريد من نوعه وضع حوالي ١٩١٠ ، تجادل بصدده جميع الفلاسفـة تقريباً ولم يقرأه الا القليل منهم) ألـّفه اثنان من اعظم الفلاسفة البريطانيين المعاصرين : برتراند راسل وا. ن. وايتهد[4]. ويبيّن المؤلفان في هذا الكتاب انه يمكن للمفاهيم الرياضية التي لجأ اليها بيانو ان تُحدَّد بواسطة ثوابت منطقية ، وانه يمكن اقامـة الدليل على جميع خصائصهـا عن طريق المنطق الصرف . وبذلك تستبين الرياضيات بأنها ليست الا منطقـاً بلغ شأواً بعيداً في التطور (ويبرز ، من خلال هذه العملية مبدآن منطقيان جديدان ، هما بداهة اللانهاية وبداهة الاختيار ، الا انه ليس من داع لطبيعتهما الجدلية نوعاً ما ان تكون مبعث اهتمامنا في هذا المقام ، بل يكفي اننا اذا اقررناهمـا كمبدئين مقبولين شرعاً – وهذا ما يفعله اكثر علماء المنطق – فان الرياضيات جميعهـــا تحذو حذوهما وتغدو منطقاً متقدماً) .

وعليه نرى ان الرياضيات هي دراسة للشكل الذي تتخذه الحجج ، وانها أعم فروع المعرفة ، الا انها خالية تماماً من مادة موضوعية (لأن المادة الموضوعية مرتكزة الى ثوابت موضوعية تقع خارج مجال المنطق) . وأراننا مجبرين على اعادة التأكيد بأن القضايا الرياضية قضايا تحليلية ، وعلى طرح السؤال الذي اوردناه في نهاية المقطع السابق : ما هي الفائدة من الرياضيات ؟ لقد بلغنـا ، الآن فقط ، الموقف الذي يمكننا من الاجابة عليه .

---

١ – George Boole

٢ – Gottlob Frege

٣ – Principia Mathematica

٤ – A. N. Whitehead

قلنا ان المنطق (والرياضيات اذن) يبين لنا ، بوصفه دراسة للاشكال ، ما ينتج عن الكلمات التي نستعملها . ففي مشكلة « همبتي دمبتي »[1] ينبؤنا المنطق ان ٣٦٥ — ١ = ٣٦٤ ، وذلك بالتسلسل التالي : « — ١ » طرح واحد من الرقم السابق ، العلامة « = » تعني تساوي الارقام ، اذن فالقضية تؤكد ان الرقم ٣٦٤ هو الرقم الذي يجيء مباشرة قبل الرقم ٣٦٥ ، والامر صحيح لان هذه هي الطريقة التي وضعنا بها تسلسل ارقامنا . وعليه فالقضية صحيحة نظراً لمعنى العبارات المستعملة كما انها قضية تحليليــة بحق . ولا شك ان ردة الفعل لدى القارىء ستكون : « وما اهمية ذلك ؟ » — انا أُقِرُّ بان ما ورد لا يكاد يكون خليقاً بالتدوين على صفحات كتاب ، الا ان القارىء لن يجد ميلاً للتهكم الى هذا الحد حين يقال له انه يُستنتج من الكلمات المستعملة انه « يمكن كتابة اي عدد اطلاقاً كحاصل ضرب اعداد اولية ، وبشكل يميزه عن غيره من الاعداد » — او « ان اياً من الاعداد الاولية لغاية «ن»[2]، اذا قسم على « ن » ثم ضُرب بنَسَبِ « ن » الطبيعي[3] فانــه يجنح الى الرقم ١ » . وليس من الضروري للقارىء ان يُلِمَّ بهذه الفرضيــات المشهورة كلياً ، فالذي اود التدليــل بــه هو ان الامور التي تُستنتج من معــاني الكلمــات تكون ، في بعض الاحيان ، بعيدة عن البداهة بشكل يتطلب عالِماً رياضياً

---

١ — Humpty Dumpty — هو احد المخلوقات الخيالية في كتاب « اليس في بلاد العجائب» لمؤلفه لويس كارول ، والمشكلة المشار اليها تتعلق بحوار كان همبتي دمبتي احد طرفيه ، والحوار هو التالي: «ماذا يتبقى اذا طرحت واحداً من ثلاثمائة وخمس وستين؟» والجواب « ثلاثمائة واربعة وستون ، بالطبع » . وهنا يعتري همبتي دمبتي الشك فيقول « افضل ان ارى هذه العملية الحسابية مدونة على الورق» . — المترجم

٢ — يستعمل الحرف n في الرياضيات للدلالة على اي عدد كان صغيراً أم كبيراً. — المترجم

٣ — Natural logarithm of n

حاذقاً يعمل الاسابيع ، او حتى السنين ، في جهد مضن ليقيم البرهان على صحتها .

هنا يكمن سر نجاح الرياضيات واهميتها الحيوية ، فبينما نراهـــا لا تأتينا بشيء جديد لانها تقتصر على تحليل معاني كلماتنا ، نجد انها تقدم الينا حقائق جديدة بالنسبة الينا – حقائق لم نكن ندرك انها في حوزتنا .

ونحن ، في مجال الاستنتاج المنطقي ، او البرهان الرياضي ، انمـا نبدأ من عدد قليل من القضايا التي نقبل بصحتها لسبب ما ، ثم تأتي بقضايا جـديدة كل الجدّة يتوجب علينا القبول بها هي الاخرى لانها محتواة في ما قلنا به في السابق . ويعود الفضل الى الشمول الكامـل لمنطق (الرياضيات) في انـــه يستطيع القيام بذلك في اي موضوع على الاطلاق .

علاقة الرياضيات بالعلم

هنالك فرع من الرياضيات يتناسب كلياً مع دراسة فائدة الرياضيات في العلم : الهندسة [١].

ويعود تاريخ الهندسة الى قدامى المصريين ، الا انها مرتبطة في اذهان اكثرنا بالعالم الاغريقي اقليدس[٢] ، الذي يُعدُّ اول من قام بدراسة نظاميـة لهذا الموضوع، فقد وضع اقليدس مجموعة من البديهيات[٣] التي تنبثق منها جميع

١ – Geometry
٢ – Euclid
٣ – axioms

القضايا الهندسية الحقة عن طريق المنطق الصرف . نحن نعلم حالياً ان النظام الاقليدسي قصّر عن بلوغ هدفه لسببين ، اولها ان فيه بعض الحشو نظراً لاحتوائه على بعض تعريفات لا فائدة منها البتة (وهذا خطأ بسيط) وثانيهما انه استند الى افتراضات مستترة لا يمكن لها ان تنبثق عن البديهيات (وهذا امر خطير) . الا ان عالم الرياضيات الالماني الشهير ، دافيد هيلبرت ، قام خلال القرن الحالي بتصحيح جميع الهنات وأعطانا نظاماً حظي بالقبول التام ولا يزال يعرف باسم « الهندسة الاقليدسية »[1]. ونجد في هندسة المسطحات[2] لدى هيلبرت انها لم تحدد التعابير التالية « نقطة » ، « خط » ، « يقع على الخط » ، « يقع بين النقطتين » ، « على مسافات متساوية » ، « تشكل زوايا متساوية » ، وهي التعبيرات المستعملة في صياغة البديهيات وفي تعريف جميع التعبيرات الاخرى . كذلك نجد فيها لائحة بالبديهيات الاساسية .

ولنحصر اهتمامنا الآن في البديهيات . ان البديهية ، كما يذكر القارىء على الارجح، أمر مسلم به لا يحتاج الى برهان. الا انه اذا كان على الرياضيات ان تقوم بكل أعمالها عن طريق المنطق الصرف، فلمَ لا تبرهن على صحة البديهيات ايضاً ؟ الجواب على ذلك انه ليس بامكاننا ان نبرهن على شيء ما من لا شيء، وانه يجب ان يكون لدينا ما نستند اليه في اقامة برهاننا الاول. وتشبه هذه الحال الصعوبة التي واجهتنا في الفصل السابق ، عندما حاولنا تعريف جميع الكلمات . وقد عمد اقليدس، رداً منه على وجوب تقبل هذه البديهيات دون برهان ، الى محاولة انتقائها بشكل تكون صحتها معه أمراً مسلماً به . أي ، بكلمة اخرى ، انها تتوافق بجلاء مع تجاربنا اليومية . وانه لمن حسن طالع

---

١ — Euclidian Geometry

٢ — Plane Geometry

الفلسفة ان اقليدس لم ينجح نجاحاً كاملاً في مسعاه . فهنالك البديهية المشهورة حول الخطوط المتوازية، التي بدت أقل وضوحاً بكثير من البديهيات الاخرى، وبدلاً من ايرادها كما يرويها اقليدس ، سأقدم الى القارىء الشكل الذي قد يكون أكثر معرفة به : « اذا أخذنا خطاً ، وكذلك نقطة ليست على ذلك الخط ، فانه يمكن لخط واحد فقط ان يخترق النقطة ويكون موازياً للخط الاول » . انه بالامكان التحقق من جميع البديهيات الاخرى عن طريق رسوم صغيرة ، الا ان هذه البديهية المتعبة قررت الا يتلاقى الخطان مطلقاً ، الامر الذي لا يمكن التحقق منه عملياً .

لذلك نجد علماء الرياضيات يقضون السنين الالفين اللاحقة لاقليدس بحثاً عن علاج لهذه الحالة المربكة ، فيجربون بديلات عديدة لهذه البديهية ، الا انهم يجدون الصعوبة نفسها في التثبت من كل من البديلات المناسبة، ويقررون اخيراً ان هذه ليست في الواقع بديهية ، وانما افتراض . اذن ها نحن اولاء نرى امامنا الاعتقاد الراسخ بأنه يتوجب على كل قضية هندسية ان تنبثق من بديهيات واضحة بحد ذاتها ، وانه اذا كانت هذه القضية بالذات غير واضحة، بالرغم من صحتها، فانه يتوجب عليها ان تُستنتج من بقية البديهيات الواضحة بحد ذاتها . وبالاختصار فان هؤلاء الرياضيين لم ينجحوا في البرهان على صحة بديهية الخطوط المتوازية .

غير ان القضية تحولت تحولاً مثيراً في اوائل القرن الثامن عشر ، حين حاول احد علماء الرياضيات اللجوء الى طريقة البرهان غير المباشر ، وهي حيلة بارعة يمكن الافادة منها في مختلف ضروب التفكير : لنفترض عكس ما نحاول البرهان على صحته ثم لنبين ان ذلك يؤدي الى التناقض ، فنكون بذلك قد دللنا على صحة ما نحاول البرهان على صحته. ولنأخذ مثلاً على ذلك

رجل الشرطة السرية الذي يحاول البرهان على ان جريمة قتل ما قد اقترفها شخص كان يعرف القتيل معرفة وثيقة . انه يقيم دليله كما يلي : « لو كان القتيل لا يعرف القاتل معرفة وثيقة فان ذلك يعني انه سمح لشخص غريب عنه بعض الشيء بأن يصل الى محاذاته ويشهر مسدسه ثم يضعه على صدغه ويكبس الزناد ، كل ذلك دون ان يحاول القتيل مقاومته . الا ان هذا امر سخيف . اذن يجب ان يكون القاتل شخصاً معروفاً من القتيل الى درجة تجعله يؤخذ على حين غرة » . لقد حاول بعض علماء الرياضيات اتباع هذا الطراز من الاستنتاج في اقامة أدلتهم على الشكل التالي: « لنفترض ان بديهية الخطوط المتوازية لا تنبثق عن البديهيات الاخرى ، اذن فلن نجد أنفسنا امام أي تناقض اذا نحن انكرناها . ولنفترض كذلك انه بامكاننا رسم أكثر من خط مواز واحد عبر نقطة معينة ونبرهن ان ذلك يؤدي الى نتيجة سخيفة». ومما تجدر ملاحظته بهذا الشأن ان هؤلاء العلماء كانوا واثقين بأن بديهية الخطوط المتوازية تنبثق بالفعل عن البديهيات الاخرى ، وانهم اصيبوا ، على هذا الاساس ، بخيبة أمل حينما لم يفلحوا في العثور على اي سخافة في النظام المعدل . وعليه فقد اعتبروا انهم خابوا كلياً في مسعاهم ، دون ان يدركوا انه كان في متناول أيديهم ان يتوصلوا الى أروع الاكتشافات اطلاقاً . فلم يكن ثمة بدّ من انتظار حلول العقد الثاني من القرن التاسع عشر حتى يتمّ هذا الاكتشاف في عام ١٨٢٠ .

وانها لاحدى المصادفات الغريبة في تاريخ الفكر الانساني ان ينقضي ألفان من السنين في بحث عقيم ، ثم يجيء الحل الصحيح في أعقابها على يد رجلين مختلفين في وقت واحد ، ودون ان يكون احدهما على صلة بالآخر . كان

هذان الرجلان العالم الهنغاري جون بولياي[1] والعالم الروسي ن.أ. لوباتشيفسكي[2]. وقد سلخ هذان العالمان اعواماً عديدة في محاولة للعثور على عنصر السخف في النظام الهندسي ذي الخطوط المتوازية العديدة، وعندما أخفقا في ذلك اذا هما يكتشفان نوعاً جديداً من الهندسة لا يقل أصالة عن هندسة اقليدس (وقد قدم فليكس كلاين[3] البرهان على ذلك فيما بعد). ولنكتف بالقول ان جهودهما قد وجدت امتدادها فيما أنجزه اثنان من اعظم علماء الرياضيات اطلاقاً، هما العالمان الالمانيان ك. ف. جاوس[4]، وج. ف. ب. رايمان[5]، اللذان برهنا على وجود نوع اساسي ثالث في الهندسة وبأن هنالك عدداً لا يحصى من الهندسات «المختلطة». وقد تبين لعلماء الرياضيات لدى بلوغ هذه المرحلة ان الوقت قد حان لكي يتوقفوا بعض الزمن عن محاولة البرهان على صحة هذه المسألة او تلك ويتبصروا فيما يعملون بالضبط.

ولنعد الآن مؤقتاً الى كانْت. لقد كان من سوء حظه (او ربما من حسنه) انه توفي حوالي عشرين عاماً قبل اكتشاف هذه الهندسات الجديدة. لانه لو ظل على قيد الحياة لاضطر الى التخلي عن آرائه حول طبيعة الرياضيات، وبالتالي عن جزء لا يستهان به من فلسفته. ويذكر القارىء ان كانت كان يعتبر الهندسة على يقين لان عقلنا فرضها على العالم. وهذا، بالطبع، يفترض بأن يكون هنالك نظام هندسي واحد فقط، لأن العكس يضعنا في الموقف الحرج الذي يوجب علينا ان ننتقي من بين ثلاثة أنظمة متساوية في

---

١ – John Bolyai
٢ – N. I. Lobachevski
٣ – Felix Klein
٤ – C. F. Gauss
٥ – G. F. B. Riemann

الاصالة وعدد لامتناه من الانظمة المختلطة لنحدد أيها هو النظام الذي يفرضه عقلنا على العالم . هذا ، في الواقع ، اعتراض لا يمكن الرد عليه . لقد وضع كانت نظرية جد بارعة ، وهو لا يلام اذا لم يستطع التكهن بالتطورات التي جاءت فيما بعد . اما نحن فيتوجب علينا الاقرار بأنه كان على خطأ .

لقد حان الوقت لنفيد مما علمناه من أمر طبيعة الرياضيات في الفقرة السابقة . قلنا ان الرياضيات لا تزيد عن كونها تحليلاً لمعنى الكلمات ودراسة لاشكال الحجج . واذا نحن نظرنا الى بديهيات الهندسة وجدناها تستخدم الثوابت المنطقية العادية (كحرف العطف «و») بالاضافة الى ثوابت الموضوعات الستة المذكورة اعلاه (مثل « نقطة ») . ولما كنا قد صرحنا بأن ثوابت الموضوع تقع خارج مجال الرياضيات ، فاننا نجد أنفسنا في موقف غريب يوجب علينا القول بأن كلمتي « نقطة » و « خط » لا تمتان الى الهندسة بصلة، ذلك اننا اذا استبدلنا كلمه «نقطة» بكلمة « كلب » ، واستبدلنا كلمة «خط» بكلمة « هر » ، وعبارة « الكلب يعضُّ الهر » بدلاً من « النقطة واقعة على الخط » ، واذا نحن ثابرنا على هذا الاستبدال بشكل مستديم ، فان الفرضيات تترى بشكل منطقي تماماً كما في السابق . وبالطبع ، فقد يبدو مستغرباً ان نجد بديهية تؤكد ان لكل كلبين هرة يعضها كل منهما، الا ان القارىء سوف يعتاد ذلك بعد برهة قصيرة .

وهنا أود ان اؤكد للقارىء ، قبل ان تعتريه الحيرة من هذا الامر ، ان ذلك لا يشكل نموذجاً للجهد الذي يبذله علماء الرياضيات. فالرياضيات،كما رأينا من قبل تنحّي ثوابت الموضوع عن طريق استبدالها بفراغات او بمتحولات ، فاذا نحن نضع «س» بدلاً من « نقطة » ، و «ي» بدلاً من « خط » ، و«ر» للتعبير عن علاقة النقطة بالخط، (أي انها «على الخط») ، الى آخر ما هنالك

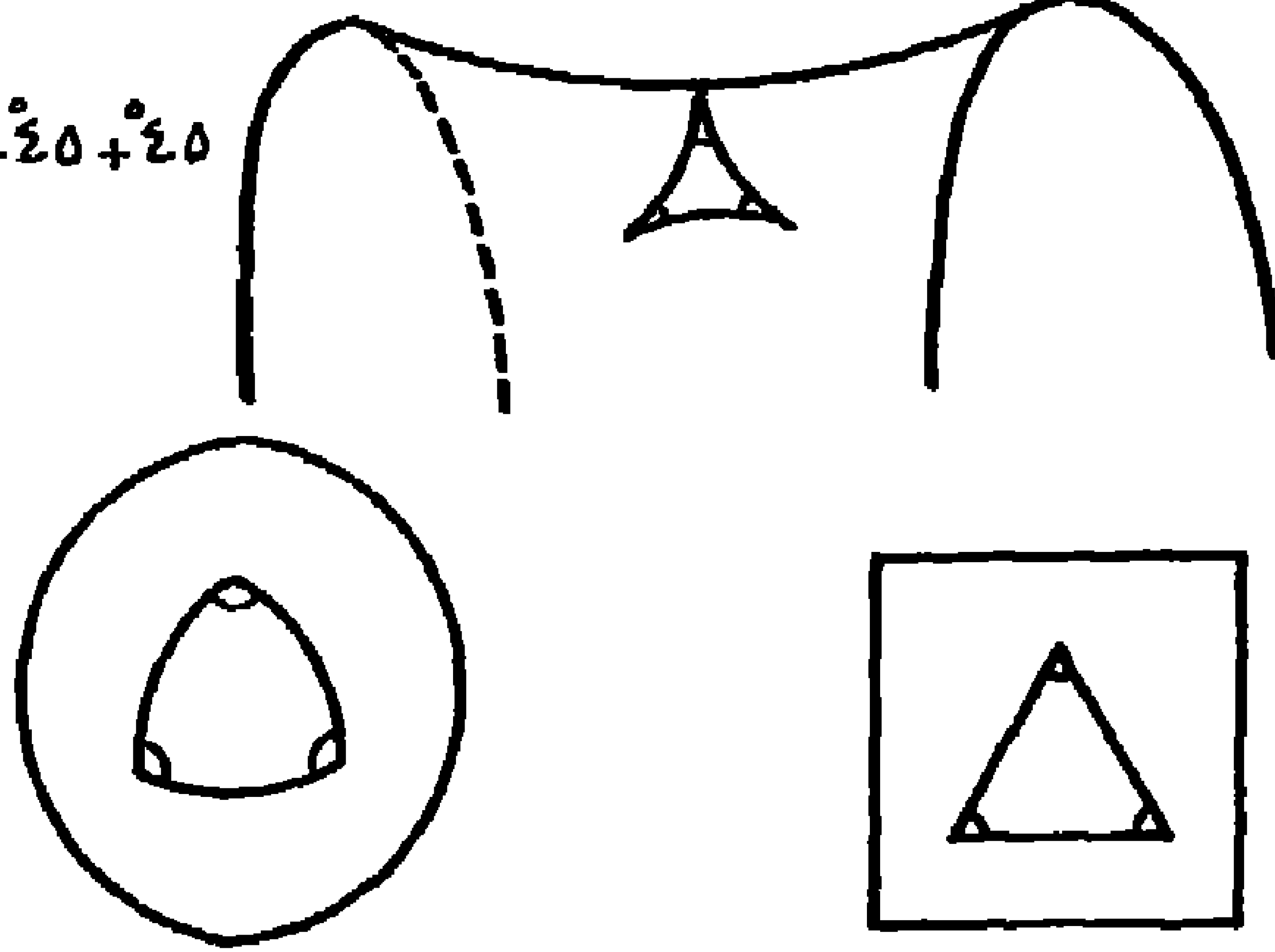
وعليه فبدلاً من ان نقول « ان النقطة واقعة على الخط » أو « ان الكلب يعض الهرة » . فان عالِمَ الرياضيات الصرفة يقول ان ثمة « س » لها علاقة «ر» بالنسبة الى «ي» . أو يعبر عن ذلك بالشكل المقتضب التالي «س ر ي» ، ويتم هذا بالنسبة لجميع البديهيات والافتراضات الى ان يتوفر لنا « هيكلٌ » منها ، وعند ذلك تقيم البرهان بأن الافتراضات لا تزال تنبثق عن البديهيات نظراً لطبيعة شكلها. ومن المهم جداً في هذا الصدد ان نستطلع معنى « س » و«ي» و «ر» ، ذلك انها لا تعني في الواقع الا ما نضفيه عليها. اذن ، ومهما كان معناها، فان الافتراضات تنبثق دائماً من البديهيات. وعليه فاذا استطعنا العثور على اي معنى اطلاقاً لهذه الوحدات الست يجعل البديهيات صحيحة ، فان الافتراضات تغدو أيضاً صحيحة بحسب ذلك التفسير بالذات . هذه هي طبيعة « اذا – اذن »[1] في الرياضيات ، والتي تبين في الوقت نفسه ضعفها وقوتها، فهي تستطيع البرهان على صحة البيانات العامة حول جميع التطبيقات الممكنة ، الا انها لا تستطيع ، بالمقابل ، اقامة الدليل على صحة بيان معين في تطبيق معين ، فهذا من شأن العلم . ان كل ما تطلبه الهندسة من العالِم هو ان يجد لها الـ «س» والـ «ي» والـ «ر» التي تجعل البديهيات صحيحة فتقدم اليه الهندسة ، بالمقابل ، عدداً لامتناهياً من البيانات الصحيحة – اي جميع ما لديها من افتراضات .

---

١ – اي الطبيعة الشرطية التي تفترض انه **اذا** حدث هذا الشيء او ذاك **اذن** يترتب على ذلك حصول هذه النتيجة او تلك . – المترجم

الانظمة الهندسية الثلاثة

	نظام بولياي ولوباتشيفسكي	نظام اقليدس	نظام رايمان
مجموع زوايا المثلث	أقل من ١٨٠ درجة	١٨٠ درجة تماماً	اكثر من ١٨٠ درجة
انحناء الفضاء	مقوس	غير منحنٍ	مقعر
نسبة ازدياد الاحجام	سريعة	طبيعية، أي حسب مكعب نصف القطر	بطيئة
عدد الخطوط الموازية لخط معين التي تمر في نقطة معينة	عدد لامتناه	خط واحد	لا شيء
طبيعة الكون	غير محدود	غير محدود	محدود
شكل الكون	يشبه السرج	مسطح	كروي



ان النتيجة المباشرة لهـذا هو ان الرياضيات لا يمكن لها اثبات صحـة البديهيات . وانـه لمن السخف ، في الواقع ، ان يسأل المرء هل البديهيـات صحيحة ؟ ولنأخـذ على ذلك مثلاً كأن نقول « اذا أعطينا « سينان »[1] فان هنالك « ي » يعبر عن علاقتها بهما بواسطة « ر » » ، ثم لنسأل أنفسنا ، هل هذه البديهية صحيحة ؟ ان الجواب المعقول الوحيد هو : « ذلك يعتمـد كلياً على ماهية «س» و «ي» و «ر» فـاذا كان الامر يتعلق بكلب يعض هرة فان البديهية باطلة ، فليس صحيحاً ان لكل كلبين هرة يعضها كل منهما . الا انه اذا كان كلا حرفي «س» رجلـين وكانت «ي» امرأة . وكانت «ر» تعبر عن علاقة الاعجاب ، فانه يبدو صحيحاً انه يمكن لأي رجلين اثنين ان يجـدا امرأة يعجب بها كل منهما .

اذن فبيانات الرياضيات لا تزيد عن كونها اشكالاً لا يمكن الحكم بصحتها الا بعد ملء الفراغات ، أي بعد تفسيرها . وهذا هو الفرق بين الرياضيـات

---

١ — اي مثنى « س »

الصرفة والرياضيات التطبيقية ، وهو ما سنشغل به في الفقرة التالية .

وسأطرح الآن سؤالاً آمل ان يكون قد ألحّ على القارىء بعض الوقت : « كيف يمكن القول ان البديهيات الهندسية ليست سوى اشكال ، اي انها لا صحيحة ولا باطلة، على حين نجد العلم يلجأ اليها لجوءاً كثيراً ومكرراً ؟» والجواب هو ان هذه البديهيات تملأ الفراغات بشكل تلقائي حين يلجأ العلم اليها ، لانها تعني شيئاً محدداً بالنسبة لكل من التعبيرات الستة. فالنقطة تعني أصغر حجم يمكن التعرف اليه ، والخط يعني الدرب الذي يتبعه شعاع من النور عبر الفراغ ، والنقطة الواقعة على خط تعني ان الشعاع يمر خلال هذا الحجم المتناهي في الصغر ، وهكذا . اذن فالبديهيات تكتسب معنى محدداً عندما يتوضح هذا التفسير في الاذهان ، وعندئذ يمكن الحكم بصحتها او بطلانها . وعليه فان الرياضيات لا يمكن لها الاجابة على سؤال واقعي كهذا ، فكل ما يمكن لها قوله هو انه لو كان الكون على شكل يجعل البديهيات (حسب هذا التفسير) صحيحة ، فان جميع الافتراضات (حسب التفسير نفسه) تكون صحيحة كذلك . غير ان تقرير ذلك لا يعود الى الرياضيات بل الى العلم .

وليس من مهام عالِم الرياضيات ، بشكل خاص ، ان يقرر اي الانظمة الهندسية صحيح بالنسبة للكون . لقد كان أينشتين (بصفته عالماً فيزيائياً) أول من أوضح الامر اذ صرّح بأن الكون لا يتبع النظام الاقليدسي على ما يبدو، بل هو مزيج من الانظمة الاساسية الثلاثة يتغير من مكان لآخر بحسب توزيع المادة فيه. اما بوجه عام فان الكون يبدو محدداً وان كان دون نهاية، ذلك لأنه ينحني على نفسه ، وهو أمر لا يُقبل به اطلاقاً في كون مبني على النظام الاقليدسي .

ولن اتوغل في هذا الأمر اكثر مما فعلت ، لأنه مسألة علمية يمكن العثور على اجوبتها المقترحة في أي كتاب مبسط جيّد عن الكون . وسأكتفي ، بدلاً من ذلك ، بايراد قول أينشتين المشهور : « لا تكون قوانين الرياضيات أكيدة طالما هي على اتصال بالواقع ، ولا تكون على اتصال بالواقع طالما هي أكيدة » . ولننظر أولاً في النصف الثاني من هذا القول : قوانين الرياضيات أكيدة في وضعها الشكلي التحليلي ، فهي لا تنطوي على أي موضوع ولذلك فانها تستند الى الواقع . الا اننا اذا فسّرنا البديهيات فانها تغدو مستندة عندئذ الى الوقائع ، فلا تعود بيانات رياضية ، ولا يمكن لنا ان نستوثق منها اطلاقاً . ان القول الصحيح هو ان الافتراضات تنبثق عن البديهيات ، الا ان هذا القول تحليل لغوي وليس علماً . ان البديهيات نفسها هي علمية عندما تُفسَّر ، الا انها ليست أكيدة بحد ذاتها .

اذن ما الذي يجعل الرياضيات حيوية ولا غنى عنها بالنسبة الى العلم ؟ الجواب هو انها لغة مثالية لوضع نظرياتنا العلمية ، كما انها تنبئنا بالضبط عما يترتب على نظرياتنا تلك . اننا ، بعكس الفكرة الشائعة ، نادراً ما نتحقق من صحة نظرية علمية بشكل مباشر ، ان ما نختبره هي المترتبات المنطقية (اي الرياضية) . ولننظر في الهندسة كما جرى تفسيرها أعلاه ، آخذين بعين الاعتبار ، بشكل خاص ، البديهية المتعلقة بالخطوط المتوازية . فليس لنا فيما يبدو وسيلة عملية للتحقق من صحة هذه البديهية بشكل مباشر . الا ان احد المترتبات على هذه البديهية والبديهيات الاخرى هو ان مجموع زوايا المثلث يساوي ١٨٠ درجة . اما في النظامين الهندسيين الآخرين فان المجموع هو أكثر من ١٨٠ درجة او أقل ، وهو أمر يمكن اختباره بالتأكيد . وقد

قام العالم جاوس بالفعل بهذا الاختبار ، الا ان النتيجة لم تكن دامغــــة . والسبب في ذلك هو ان الفروق التي تتنبأ بها الانظمة الهندسية الثلاثة فروق طفيفة بالنسبة لمثلثات صغيرة لا يزيد طول الضلع منها عن بضعة مليارات من الاميال ، كما ان الاجهزة المتوفرة لدينا لا تبلغ من رهافـــة الاحساس مبلغاً يكفي لقياس هذه الفروق. وهذا ، بالمناسبة، هو السبب في ان نظام الهندسة الاقليدسية يصلح للاستعمالات اليومية ؛ الا انه قـد يأتي يوم تتوافر لنا فيـه أجهزة أكثر دقة ، او نتمكن فيه من قياس مثلثات سماوية ضخمة ، وعندها فقد نجد ان مجموع الزوايا يبلغ اكثر من ١٨٠ درجة لبعض المثلثات . هـذا ، بالفعل ، هو ما يدفعنا أينشتين الى توقعه .

أمـا أصلح الوسائل للتمييز بين مختلف الانظمـــة الهندسية فهي صِيغَةُ الأحجام[١]. فالحجم بحسب اقليدس ، يزداد بنسبة مكعب المسافـة . اما في الهندسة التي تنحني على نفسها فان ذلك يحدث ببطء أكثر بينما تزداد الاحجام بسرعة اكثر في النظام الهندسي الثالث . وتشير مشاهداتنا الحالية الى ان عـدد السُدُم[٢] (وهي مجموعـات كبيرة من النجوم) يزداد ازدياداً ابطأ من مكعب المسافـة ، الامر الذي يجعل الكون يبدو وكأنـه مقعر[٣] (هـذا ، بالطبع ، على افتراض ان هذه السُدُم موزعة توزيعاً متساوياً في السماء) غير ان المعلومات المتوفرة اخيراً قد رمت ظلاً من الشك على هذا الاستنتاج .

ولنلخص ما سبق فنقول ان الرياضيات ذات قيمة لا تقدر بالنسبــة للعلم

---

١ – the formula for volumes

٢ – جمع سديمة ، اي nebula

٣ – concave

لانها، اذ ترينا عددا غير متناه من البيانات التي تحتوي عليها نظرياتنا، تعطينا وسائل لا نهاية لها لاختبار هذه النظريات. وسوف نعود الى بحث هذه المشكلة برمتها في الفصل الخامس .

الرياضيات الصرفة والرياضيات التطبيقية

لنحاول الآن ان نضع نظاماً رياضياً (وهو أمر أسهل بكثير مما يبدو لأول وهلة) فنذكره ، أولاً ، بشكله المجرد مع متحولاته ثم نعرض بعد ذلك مباشرة (تسهيلاً لتفهمه) الموضوعات العائدة الى البديهيات فيه .

البديهية الاولى : هنالك «س» من خصائصها ان لا «س» اخرى تحمل العلاقة «ر» بالنسبة اليها .

البديهية الثانية : ليس لدى اي «س» اكثر من «س» واحدة اخرى تحمل العلاقة «ر» بالنسبة اليها .

البديهية الثالثة : كل «س» تحمل العلاقة «ر» بالنسبة الى «س» واحدة اخرى فقط ، ولا تحمل مطلقاً هذة العلاقة بالنسبة الى نفسها .

ولنجعل «س» تعني « كلباً » والعلاقة «ر» تعني « العض » فاذا بالبديهيات الثلاث تغدو كما يلي :

البديهية الاولى : هنالك كلب لم يُعَضّ بتاتاً .

البديهية الثانية : لا يُعَضُّ الكلب الواحد من قبل أكثر من كلب واحد .

البديهية الثالثة : كل كلب يَعُضُّ كلباً آخر فقط ، ولا يعض نفسه ابداً.

من الجلي الواضح ان هذه البديهيات لا تَصْدُق جميعاً على عالَمِنا ، فالبديهية الثانية باطلة دون شك ، وكذلك القسم الاول من الثالثة . الا ان عالِمَ الرياضيات لا يهتم بهذا كله — انه يكتفي بالقول بأن صحة هذه البديهيات تعني ان بعض الامور الاخرى صحيحة هي ايضاً. ولنحاول الآن ان نستخلص نتيجة كهذه ، ولسوف ألجأ في المثل التالي الى الشكل الموضح لتفهمه :

الفرضية : هنالك عدد لامتناه من الكلاب .

البرهان : لنلجأ الى الطريقة غير المباشرة فنفترض ان عدد الكلاب محدود ونحاول ان نجد التناقض في ذلك . نحن نعلم ، بالاستناد الى البديهية الاولى ان هنالك كلباً لم يعض بتاتاً . وسندعوه الكلب الاول . كذلك فنحن نعلم من البديهية الثالثة انه يَعُضُّ كلباً آخر ندعوه الكلب الثاني ، الذي يَعُضّ بدوره كلباً هو الثالث ، وهلم جراً . ففي حال وجود عدد محدد من الكلاب فاننا سنبلغ عندئذ الكلب الاخير . فمن يستطيع هذا الكلب ان يعض ؟ ان عليه ان يعض كلباً ما (بحسب البديهية الاولى) كما انه لا يستطيع ان يعض نفسه (القسم الثاني من البديهية الثالثة) . لذلك يجب ان يعض كلباً جاء قبله. ولا يمكن لهذا الكلب ان يكون الاول (بحسب البديهية الاولى) كما ان جميع الكلاب الاخرى على اللائحة قد عُضَّ كل منها من الكلب الذي جاء قبله ، لذلك فلا يمكن للكلب الاخير ان يقوم بهذه العملية . وعليه فليس ثمة كلب يمكن لهذا الكلب الاخير المسكين ان يعضه (البديهية الثانية) ، مما يتناقض مع البديهية الثالثة . وعليه فقد كنا مخطئين عندما افترضنا ان عدد الكلاب محدود ، مما يبرهن صحة الافتراض .

وقد يبدو مستغرباً ان نقول بأن هذا بالفعل هو برهان رياضي صارم .

فنحن أكدنا ان بديهياتنا الثلاث تضمن وجود عدد لامتناه من السينات[1] (اي الكلاب في هذه الحال) ، كما ان هذا مثل ممتاز لافتراض لا يحتوي على اي شيء جديد ، (لأنه ما من افتراض رياضي يمكنه ان يضيف الى البديهيات شيئاً جديداً) ، لكنه، مع ذلك، يشكل مصدر دهشة كبيرة بالنسبة الينا. وانه لمن المفيد جداً ان ندرك ان بديهياتنا تتضمن الفكرة التالية : اذا كنا نعلم ان هنالك عدداً محدداً من الكلاب في العالم فانه يمكن لنا ، بل يتوجب علينا ان نطرح بعض هذه البديهيات جانباً .

ولكن هل ينتج من جراء ذلك ان تصبح البديهيات عديمة النفع ؟ كلا ، فقد يكون ثمة تعليلات مختلفة كلياً تجعل البديهيات صحيحة ، وسأتقدم الآن بتعليل من هذا الشكل .

لنفرض ان «س» تشير الى السنين التي عقبت ميلاد المسيح وان العلاقة «ر» تشير الى حدوث أمر مباشرة قبل ذلك، فعندها تغدو بديهياتنا كما يلي:

البديهية الاولى : هنالك سنة ميلادية لم تسبقها اي سنة ميلادية اخرى .

البديهية الثانية : ما من سنة ميلادية تسبقها أكثر من سنة اخرى .

البديهية الثالثة : كل سنة ميلادية تسبق سنة اخرى مثلها ، لكنها لا تسبق نفسها ابداً .

من الواضح ان هذه البديهيات صحيحة كلها ، فالاولى تصرح بوجود العام الاول بعد الميلاد ، اما الثانية فتصرح بأن هنالك دائماً سنة واحدة على الاقل سابقة للميلاد ، بينما تؤكد الثالثة حلول سنة لاحقة. ولما كانت جميع البديهيات

---

١ – جمع «س» .

المعلّلة على هذا الشكل صحيحة ، فان جميع الافتراضات المعلّلة بالشكل نفسه صحيحة بالضرورة هي الاخرى . والواقع ان فرضيتنا تؤكد الآن ان الزمن غير متناه ، وهذا صحيح .

بهذا المثل البسيط يمكن لنا ان نرى الفرق جلياً بين الرياضيات الصرفة والرياضيات التطبيقية. فالرياضيات الصرفة تؤكد ان كل وحدة من «س» وكل علاقة من «ر» توافقان البديهيات الثلاث انما توافقان الفرضيات بالضرورة ، الا انها لا تشير الى ما يمكن لـ «س» و «ر» ان تكونانه ، كما انها لا تنبئنا بأي شيء حول صحة البديهيات (التي ليست سوى اشكال في هذه المرحلة، ولا يمكن لذلك الحكم بصحتها او بطلانها) . وننتقل الى الرياضيات التطبيقية عن طريق تفسير المتحولات وتعيين ماهية «س» و «ر» . وعندها يحكم الواقع على صحة البديهيات فتنتقل المسألة من يد الرياضيات الصرفة الى يد العلم . فالرياضيات التطبيقية تقع ضمن مجال العلم ، وانني على استعداد للبرهان على ان العلم جميعه عبارة عن رياضيات تطبيقية . وهذا ، على ما اعتقد ، هو السبب الذي تُصنف الرياضيات من اجله كعلم ، كذلك فهي تعطي الجواب النهائي حول المرتبة التي تحتلها القضايا الرياضية في مجال العلم. فقضايا الرياضيات الصرفة تحليلية مسلم بها [١]، بينما ترجع قضايا الرياضيات التطبيقية الى العلم ، فتكون ، بذلك ، تركيبية لاحقة [٢].

(واود القول ، منعاً للالتباس ، انني أعني دائماً بكلمة « رياضيات » الرياضيات الصرفة ، الا اذا أشرت بغير ذلك) .

---

١ — analytic apriori

٢ — synthetic a posteriori

وثمة طريقة اخرى للتعبير عن هذا الفرق يمكن لها ان تجلو الموقف . ان «س» و «ر» غير محددتين في الرياضيات . ويمكن استعمالها لتعريف كلمات اخرى ، غير انهما تشكلان المفردات الاساسية غير المحددة ، وعليه فاننا ، في الهندسة ، نحدد الزوايا بواسطة الخطوط ، بينما تظل الخطوط نفسها دون تعريف ، (او ، بالاحرى ، انها لا تُعَرَّف اطلاقاً بوضوح) . نحن لا نقول البتة ان الخطوط هي كذا أو كذا ، لأن بعض الكلمات ستظل ، بالضرورة، دون تعريف (كما رأينا في الفصل الاول) ، لكن ليس بشكل مطلق . فنحن نؤكد ، مثلاً ، ان التعبيرات الاساسية تتوافق مع البديهيات ، الامر الذي يميز هذه الكلمات بعض الشيء . كذلك فنحن لا نعلن عن ماهية «س» و «ر» في المثل الوارد أعلاه ، الا اننا نؤكد انهما من الاشياء التي تحتوي على الخصائص المذكورة في البديهيات الثلاث . ويسمى هذا النوع من التعريف بـ « التعريف الضمني »[1].

ولنضع انفسنا الآن في مكان العالِم ونفترض انه قد وجد اشياء وعلاقة لها هذه الخصائص . انه يستطيع عندئذ ان يعتبر السينات على انها تلك الاشياء والـ « ر » على انها تلك العلاقة (كعدد الاعوام بعد المسيح ، مثلاً ، وعملية سبق سنة لأخرى بشكل مباشر) فتنبئه الرياضيات حالاً ان اشياءه والعلاقة بينها لها جميعاً الخصائص التي تعزى اليها في الفرضيات ، كما يَعلَم ، على سبيل المثال ، ان هنالك عدداً لامتناهياً من هذه الاشياء .

ولننظر الآن الى المسألة من الناحية المقابلة، فنفترض ان لدى العالِم بعض

---

١ – implicit definition

الوحدات التي يود دراستها بالاضافة الى بعض العلاقات القائمة بينها. انه سوف يبحث عندئذ عن فرع من الرياضيات تؤدي بديهياته ، لدى تفسيرها ، الى وصف صحيح لوحداته وللعلاقات التي يود دراستها . وتدعى عملية العثور على نظام رياضي ما وتفسيره بشكل يتوافق مع غايات العالم عملية « تكوين النظرية » . ولهذا السبب فان قيام علماء الرياضيات بابحاثهم دون اهتمام بتطبيقاتها هو أمر حيوي جداً ، ذلك لأنه ليس بامكانهم التنبؤ بشكل مطلق حول أية نظرية من نظرياتهم الشكلية الصرف خليقة ان تجد لها يوماً ما تفسيراً مفيداً على يد العلماء لتغدو أمراً حيوياً بالنسبة للجنس البشري . ان الانظمة الهندسية الجديدة تشكل مثلاً ممتازاً على هذا الامر ، فقد ظلت هذه الانظمة تعتبر من الغرائب الفكرية التي لا تطبيق عملياً لها ، وذلك حتى بعد ان جرى الاعتراف بأنها صحيحة تماماً كنظام اقليدس . ولم يمض قرن واحد على أولى المراحل لوضع هذه الانظمة ، وبضع سنين فقط على معرفة علماء الرياضيات كيف يستخدمونها، حتى أعطيت تفسيراً حسياً، فاذا هي تشكل اليوم مرتكزاً اساسياً لنظرية النسبية العامة [١].

ومن أصعب المسائل التي واجهتنا في هذا الفصل ، الطريقة التي يتم بواسطتها تفسير قضايا الرياضيات . ولقد أوردت بعض أمثلة على ذلك . الا انني لم أحاول ، حتى الآن ، ان أتقدم بقواعد عامة . فالعالِمُ ، بشكل اولي ، يأخذ قضية رياضية ما ويستبدل المتحولات فيها ببعض الثوابت التي تعبر عن مفاهيم يمكن مشاهدتها او قياسها بشكل مباشر . انه ، بهذه الوسيلة ، يأخذ الاشكال المحضة ويملأ فراغاتها ليحولها الى بيانات بوقائع يمكن

---

١ – The General Theory of Relativity

له تحريها . وعلى سبيل المثال ، فاذا نحن عمدنا الى تفسير البديهية الهندسية القائلة بأن نقطتين تكفيان لتحديد خط ما فاننا نتوصل الى البيان الواقعي القائل بأن هنالك درباً واحدة ممكنة فقط لمرور النور في اية نقطتين في الفضاء . هذا البيان قابل للاختبار العلمي، وسننظر فيه بالتفصيل عندما نأتي الى الفصل السابع عن المفاهيم العلمية .

هل تستطيع العلوم جميعها ان تستخدم الرياضيات ؟

ان الجواب لا يقتصر على « نعم » ، بل يتعداه ليؤكد وجوب لجوء العلوم الى الرياضيات . الا اننا كثيراً ما نواجه الادعاء بان العلوم الحسية الطبيعية ذات طبيعة رياضية، وان العلوم الاجتماعية هي على العكس من ذلك. والسبب في سوء التفهم هذا هو ان الناس يربطون بين الرياضيات والارقام . ومع انني واثق بأن الارقام سوف تلعب عما قريب دوراً اساسياً في هذه العلوم ، (اي العلوم الاجتماعية) ، الا انني أود الذهاب الى أبعد من هذا لأقول ان جميع النظريات العلمية ، من رقمية وغيرها ، ذات طبيعة رياضية . هذه حقيقة تعود الى طبيعة الرياضيات واندماجها مع علم المنطق المتقدم .

وعندما يعمد العالم الى عرض نظرية ما بشكل دقيق ، ويود الالمام بما تنطوي عليه نظريته بالضبط ، فهو يمارس الرياضيات . لنأخذ نظريته ونضع فراغات (او متحولات) في مكان ثوابت الموضوع ثم نتبصّر فيما تنطوي عليه هذه الاشكال ، فاذا نحن امام فرع من فروع الرياضيات . هذه النتيجة صحيحة بوجه عام ، الا ان بعض الناس (ومنهم حتى العلماء) لا يقتنعون بالبراهين العامة . لذلك فلنأخذ مثلاً نظرية تبدو غير رياضية .

هنالك نظرية بيولوجية تقول بأن نمو الفرد في مراحله الاولى يعكس تطور الجنس برمته. فالجنين البشري، مثلاً ، يمر بالمراحل المختلفة التي تقابل المراحل التي مرّ بها تطور الجنس البشري (وهذا هو السبب في ان الجنين البشري في مراحل نموه المبكرة يكاد يستحيل تمييزه عن أجنـّة الحيوانات السفلى) . ان هذا ، لا شك ، بعيد كل البعد عن الرياضيات !!

لننعم النظر ، فاذا نحن عرضنا هذه النظرية بشكل دقيق ، فان علينا ان نقسم تطور الجنين الى مراحل ، وكذلك تطور الجنس البشري ، فتتكون لدينا مجموعتان من المراحل ، ونعلن ، بعد ذاك ، انه يمكن لنا جعل المراحل في احدى المجموعتين تتوافق مع المراحل في المجموعة الثانية بشكل يجعل ظهور احدى الخصائص في الجنين مطابقاً لظهور الخاصة نفسها في المرحلة المقابلة من تطور الجنس ، اي انه يتكون لدينا ، بشكل مجرد ، سينات ترمز الى مراحل الجنين ، وياءات[1] ترمز الى مراحل تطور الجنس ، وعلاقة بينها هي « ر » ، وبعض الخصائص الاخرى . وسيتوجب علينا بادىء ذي بدء ، ان نصرح بأن السينات والياءات تشكل مجموعتين ، الامر الذي يوفر لنا ، بالنسبة لكل مجموعة ، بديهيات تشبه البديهيات الثلاث الواردة في المثل . ويكون علينا ، بعد ذلك ، ان نصرح بأن «ر» تمثل علاقة تقابل[2] (وبديهياتها معروفة جداً في الرياضيات) وان الخصائص الاخرى تنتسب دائماً الى المراحل المتقابلة .

نستخلص من كل ما تقدم ان اي نظرية تُعرض بدقة ويجري تحرّي جميع

---

١ – جمع «ي» .

٢ – correspondence

تضميناتها تغدو فرعاً من الرياضيات التطبيقية . ففي المثال الوارد اعلاه نجد – وهذه هي الحال في الغالب – ان الفرع من الرياضيات الذي يصل العالِمُ اليه بنتيجة بحثه فرع سبق لعالم الرياضيات ان قام بوضعه وتنميته بشكله المجرد الصرف .

والسبب الوحيد في انكار بعض العلماء لجوءهم الى الرياضيات هو ان مقدار ما يلزم منها بالنسبة للنظريات الاولية ضئيل لدرجة ان العالِمَ يستطيع الوصول الى غايته بواسطة الحدس المنطقي[1]. الا ان الفرق بين هذا وبين استخدام اقوى معدات الرياضيات الحديثة هو فرق في الدرجة لا في النوع . وكلما تقدم التطور بعلم من العلوم وجد هذا العلم نفسه مضطراً للاقرار بما يدين به للرياضيات .

وعليه نجد ان الرياضيات، وهي لغة العلم التي لا بديل له منها، لا تستطيع الاتيان بأي شيء جديد ، الا انه يتوجب استعمالها باستمرار لكي نكون دائماً على دراية تامة بما نحن بصدده ، انها لغة لا تني تدهشنا عندما ترينا ان لأقوالنا البريئة مترتبات تذهب الى أبعد بكثير مما دار في خلدنا عن فحواها.

١ – logical intuition

٣ بعض الافتراضات

هنالك أسئلة اساسية يتوجب على العالِم القاؤها على نفسه قبل ان يباشر عمله ، كيف يمكنه تبرير جهوده كعالِم ؟ ما الذي يتوجب عليـــه افتراضه بشأن الكون لكي يمكنه ان يأمل في شيء من النجاح ؟ سوف يطلب اليــه ، بصفته عالماً ، ان يتكهن بالمستقبل ، في حين انه لم يخبر من الماضي الا بعضه . كيف يحق له اذن ان يفترض بأن الماضي يشكل دليلاً صحيحاً للمستقبـل ؟ هذه هي الاسئلة التي يجب ان نحاول الاجابة عليها في هذا الفصل .

قانون الطبيعة

ان الحجة التي تقام في هذا الصدد تنحو الاتجاه التالي : ان العالِم يبحث عن قوانين الطبيعة ، لأن بحثه يكون عقيماً لو لم تكن ثمة قوانين طبيعيــة ، اذن فالافتراض الاساسي في العلم برمته هو ان هذه القوانين موجودة بالفعل ، وهو أمر يبدو مقنعاً للغاية. الا انه سبق لنا ان حذرنا من اعتناق الافتراضات الكاسحة ، ذلك لأن الخطر الكامن في التصريح بأمر عام للغاية هو اننا ننتهي وكأننا لم نقل شيئاً البتة . وهذا ، على وجـه التخصيص ، هو اعتراضي المهم

الاول . ان ما نسميه افتراضاً بهذا المعنى الواسع يخلو من اي مضمون واقعي.

وما من احد ينكر ، بالطبع ، ان العلماء قد وضعوا بعض النظريات التي يشار اليها على انها قوانين طبيعية . كذلك فقد يغرينا هذا الامر الى حد القول بان هذه القوانين موجودة بفعل عثور العلماء عليها ، الا اننا نعلم انه قد تبين ان كثيراً مما يطلق عليه وصف القوانين هو اما صحيح بشكل تقريبي ، او انه على خطأ في كثير من الاحيان . حتى ان نظرية جرى التثبت منها ، كقوانين نيوتن ، انتهت ، في المدى الطويل ، الى عدم الاخذ بها . وعليه فان المشكلة ليست في العثور على نظريات تصدق بشكل تقريبي ضمن مجال ضيق ونؤمن بصحتها الى حد ما ، بل في العثور على قوانين يمكن تطبيقها بشكل دقيق ، ودون اي استثناء ، في كل زمن ومكان . وقد يتملكنا الظن بأن بعض النظريات التي نأخذ بها حالياً هي بالفعل من هذا الطراز ، الا ان الظن وحده لا يكفي . فالسؤال اذن هو التالي : أيمكن لنا بالفعل ان نفترض وجود قوانين عامة كهذه ؟

ما هو تعريف القانون الطبيعي ؟ انه لا يعدو قولاً صحيحاً حول الكون. كذلك فنحن نعلم ان هذه الاقوال او النظريات هي قضايا رياضية جرى تعليلها بشكل صحيح . وعليه فان سؤالنا هو ، في الواقع : هل ثمة قضايا رياضية عامة يمكن تعليلها بشكل يجعلها صحيحة ؟ وانا أذهب الى اننا اذا صُغنا افتراضنا في هذا القالب العريض، فانه يمكن لنا اقامة الدليل على وجود القوانين الطبيعية دون الرجوع الى بيّنات من الواقع . وبكلمة اخرى ، فانني اقول بأن الافتراض المزعوم صحيح ، ولكن بالمعنى التحليلي .

وانه لمما يؤسف له ، بالنسبة لفلسفة العلم ، ان استعملت لفظة « قانون »

اطلاقاً ، ذلك لأن استعمالها يحمل في طياته امكان الخروج على القانون بشكل او بآخر . ان فكرة اطاعة القانون او عدم اطاعته هي فكرة كان يجب ان لا تلج هذا البحث بالمرة . واني لأخشى ، في هذا الصدد ، ان يكون ذلك جزءاً من ميلنا لمحاولة اعادة سكب الكون في قالب صورتنا بالذات . ولعل هذا الميل يعود الى زمن الفكرة البدائية عن الله ، فالله ، عند الشعوب البدائية ، ليس الا انساناً ضخماً جداً وقوياً جداً ، ونجد امثلة ، حتى ، عن حالات حاولت هذه الشعوب فيها ان تجري اتفاقاً بينها وبينه ، كأن تقدم اليه الذبائح او تعده بحسن السيرة اذا هو اسدى اليها منّة معينة . كذلك نجد في الاساطير أمثلة عديدة عن آلهة تتصف بما يتصف به الانسان من قوة وضعف. وقد يكون ربطنا بين القانون والطبيعة أحد رواسب تلك الايام الاولى ، حين كان المعتقد ان الله هو الذي وضع القوانين الطبيعية ، التي سجلت على صحيفة ورق سماوية ، والتي تشير بما يجب علينا عمله. انها القوانين التي يتوجب على الطبيعة اطاعتها ، بل ثمة حالات مدوّنة ُخرقت فيها قوانين الطبيعة فأطلق عليها وصف المعجزات .

وعلينا ان ندرك ان الطبيعة ليست كالكائن البشري ، فهي لا تملك ان تطيع او تعصي. ان قوانين الطبيعة لا تفرض حدوث ما يحدث بل هي مجرد وصف لما يحدث بالفعل ، بينما نجد ، في مقابل ذلك ، ان القانون البشري يحمل في طياته عند وضعه امكان خرقه ، اي اننا اذا وضعنا قانوناً يحرّم القتل فانه من المفترض ان يكون ارتكاب جرم القتل امراً ممكناً بحد ذاته . ولو كان الامر غير ذلك ، اي لو كان القتل مستحيلاً ، لما كان ثمة مبرر لوضع قانون بتحريمه . اذن فنحن نقر بامكانية خرق القانون ، ونعمد على هذا الاساس ، الى العقوبات وأجهزة التنفيذ لنضمن اطاعة ذلك القانون. اما القانون الطبيعي

فلا سبيل لخرقه ولا حاجة ، اذن ، لأي جهاز تنفيذي بصدده . أما السبب في استحالة خرق هذا القانون فهو أبسط بكثير مما نظن ، ذلك انه لما كان هذا القانون لا يزيد عن سجل دقيق لما يقع بالفعل ، فليس ثمة وسيلة ممكنة لخرقه . واذا اجرى المرء اي اختبار ودوّن بدقة كل ما يجري بالفعل ، فانه من غير الممكن لهذا السجل ان يُنقض بحال من الاحوال، ذلك اننا اذا مررنا ما قد حدث بالضبط فليس من سبيل البتة لابطال ذلك .

والواقع ان القانون الطبيعي ، من هذه الناحية ، أمر يدعو الى الملل . فهو يشبه محضراً لمحاكمة عادية ، والشيء الوحيد الذي يضفي عليه شيئاً من البريق كونه لا يشكل سجلاً للماضي فقط ، بل وللحاضر ايضاً ، وكذلك ، وهذا الاهم ، للمستقبل . انه كمحضر محاكمة لجميع القضايا السابقة والحالية والمستقبلة ويستطيع كل من حاز عليه ان يكون على دراية بما ينتظره .

وقد انتجت هوليوود منذ بضع سنوات فيلماً ممتعاً عن هذا الموضوع يدور حول رجل يتلقى في كل يوم، وبشكل غامض، جريدة هي في الواقع جريدة اليوم التالي . فكان يعرف ما ستكون عناوين الغد ، الامر الذي حباه ، بالطبع ، سلطاناً هائلاً على اقرانه من بني البشر ، فأصبح بامكانه ان يذهب الى سباق الخيل ويربح المبلغ الذي يحلو له، كما كان يستطيع استخدام المعلومات التي تتوافر له للحصول على مقام محترم او لتحسين اوضاعه واوضاع اصدقائه. ومن البديهي انه يتوجب في افلام هوليوود ان تجيء اللحظة التي يلقى البطل فيها جزاء هذا الغنى الذي لا يستحقه، فنراه يقرأ في جريدة الغد خبر مقتله، فيحاول جل المستطاع ان يبتعد عن المكان الذي يفترض وقوع الجريمة فيه ، الا انه لا يفلح في ذلك . فاذا هو ، نتيجة لظروف متلاحقة غريبة قد انتهى به المطاف الى البناء المعين وفي اللحظة المذكورة بالذات ، حين يجري تبادل

اطلاق النار فيصاب خطأ دون ان يقتل . الا انه يُظنّ في عداد الاموات ، ويكون خبر وفاته بالفعل عنواناً في الصحيفة تصدر في اليوم التالي .

ان قوانين الطبيعة ، شبيهة الى حد ما ، بصحيفة الغد ، غير انها لا تنقل ما سوف يحدث في اليوم التالي فحسب ، بل تتعداه الى ما بعد اسبوع ، او سنة ، او حتى ملايين السنين . وبالاضافة الى ذلك ، فان قوانين الطبيعة تشبه الصحيفة المثالية التي لا تنقل اي خبر مغلوط والتي تورد حتى أدق التفاصيل عن الموضوع . اذن فالشخص الذي يضع يده على احد قوانين الطبيعة يكون قد حاز على أقوى سلطان دار في مخيلة بني البشر اطلاقاً . وهذا هو السبب في ان العلماء يسلخون حياتهم بكليتها في محاولة للحصول على قسم صغير من جريدة الغد هذه .

والآن اصبح في مكنتنا ان نقيم الدليل على وجود القوانين الطبيعية ، بل نستطيع ، بالفعل ، ان نبرهن على ما هو أقوى من ذلك . ان باستطاعتنا البرهان بأن أي مظهر من مظاهر العالم اطلاقاً محدد بقانون رياضي صحيح التعليل . ولنضرب على ذلك مثلاً تُفترض صعوبة التكهن به — أعني به حالة الجو . ولنجعل هذا المثل ادنى الى التخصيص فننتقي درجة الحرارة في مدينة نيويورك . ان علينا ، اولاً ، ان نعتمد لغة رياضية ملائمة ، الامر الذي قد تم لنا بالفعل ، وعليه فسنعبر عن قانوننا بدرجات فارنهيت[1] وهي الوسيلة الشائعة لقياس الحرارة . ففي اي قالب ، اذن ، يفرغ هذا القانون ؟ من المفترض فيه ان ينبىء بدقة عن درجة الحرارة في المكان الذي يدعى الآن

---

١ — Fahrenheit ودرجة الحرارة بقياس فارنهيت تساوي ٩/٥ من درجة الحرارة المئوية (ستنغراد) . — المترجم

مدينة نيويورك، وذلك بالنسبة لأي لحظة من الماضي او الحاضر او المستقبل. ويسمى هذا التوافق في التعبير الرياضي دالة [١]. ان علينـــا ، بشكل اكثر تخصيصاً ، ان نعبر عن درجات فارنهيت في مدينة نيويورك على انهـــا دالة تعتمد على مرور الزمن . وتكتب هذه العلاقة بشكل رمزي كما يلي : د (ز) = ح . وهنا يتبدى السؤال التالي : هل ثمة دالة رياضية يمكن لها ، اذا جرى تعليلها بالشكل الذي أوردناه ، ان تتبىء بدرجة الحرارة في مدينة نيويورك في مختلف الاوقات ؟ من السهل علينا ، بعد توضيح المسألة بهذا الشكل ، ان نرى بأن دالة كهذه موجودة بالفعل. فاذا نحن أخذنا بعين الاعتبار اي لحظة من الزمن فاننا لا نجد ، مبدئياً ، ما يمنع تسجيل درجة الحرارة في مدينـــة نيويورك . كذلك فليس ما يمنع ، مبدئياً ، من تسجيل درجة الحرارة في كل لحظة من الماضي والحاضر والمستقبل . ويشكل هذا السجـــل تحديداً لتلك الدالة . ومن البديهي انــه يستحيل علينا ، عملياً ، ان نفعـل ذلك ، غير ان الامر لا يتعلق الا بامكاننا معرفة ماهية هذه الدالة وليس بمحاولة معرفة مـــا اذا كانت موجودة اطلاقاً، لان امكانية وضع سجل كهذا تشكل، بحد ذاتها ، ضمانة كافية بأن الامر يتعلق بدالة رياضية واضحة المعالم، وتبرهن، بالتالي، ان هذا المظهر بالذات من العالم مشمول بأحد قوانين الطبيعة. ويمكن الاستناد الى حجة مثل هذه بالنسبة لأي مظهر من مظاهر الكون بأجمعه .

واذ يتبدى لنا ان وجود قانون طبيعي لا يعدو تيسر الامكانيــة النظرية للاحتفاظ بسجل دقيق للحوادث فانه يغدو بامكاننا ان نقوم بأكثر مما أنجزناه لغاية الآن. فمن الممكن، مبدئياً، الاحتفاظ بسجل لا لحادثة واحدة فحسب،

---

١ – function

بل لأية حادثة اطلاقاً عبر تاريخ الكون برمته . واذا كنا على استعداد لأن نتخيّل مصدراً سماوياً كلّي القدرة يحتفظ بسجلات دقيقة لجميع حوادث الكون ، فان هذه السجلات تكوّن ، مجتمعة ، قانوناً يشمل كل ما يحدث في الكون . هذا السجل سندعوه : « قانون الطبيعة » .

ولست ادعي ، بالطبع ، ان هناك طريقة ممكنة واحدة فقط لتشكيل قانون الطبيعة هذا ، فبالنظر لأن هذا القانون ليس قانوناً رياضياً صرفاً ، بل قانوناً معللاً بالواقع ، فثمة عدة وسائل مختلفة للربط بين الرياضيات والكون ، وسنجد ان لكل تعليل صيغة خاصة به من قانون الطبيعة . ولما كانت الصيغة الواحدة لا تفضل أياً من الصيغ الاخرى فسوف نفترض جدلاً ، انه قد وقع الاختيار على صيغة معينة وانها غدت مرجعنا المعتمد الذي يمكن لنا ان نبحث ، بالاستناد اليه ، افتراضات العلم الاساسية .

لقد توصلنا الآن الى استنتاج يدعو الى العجب ، هو ان ليس ثمة حاجة لافتراض اي شيء فيما يتعلق بوجود قوانين الطبيعة . اذن فما الذي حدا بهذا العدد الكبير من مشاهير الناس للتأكيد بضرورة افتراض كهذا ؟ ان الجواب المعقول الوحيد هو القول بأنه وان كان الافتراض المدوّن في الكتب صحيحاً من الناحية التحليلية ، فلا بد ان تكون لهذا الافتراض صيغة اخرى مختلفة في قليل ، الا انها تبدو جد معقولة . وسنجد بالفعل ، ان هذا هو الواقع.

الحاجة الى الافتراضات

لنحاول ان نستشف شكل قانون الطبيعة هذا . انه سجل لكل حادثة

وقعت في جميع انحاء الكون في الماضي والحاضر ، وكل ما سيقع من حوادث في المستقبل . انه ، بالطبع ، سجل يبلغ من التعقيد ما لا يدركه التصوّر . وحتى لو اقتصرنا على مسألة درجة الحرارة في مدينة نيويورك فقد نجد ان وضع السجل يفوق القدرة البشرية على التسجيل ، ذلك لاننا نستطيع تسجيل الحرارة بالنسبة لكل ساعة او حتى كل دقيقة . كذلك فقد يمكن ان نتخيل انه بامكاننا ، في وقت لاحق ، ان نسجل الحرارة بالنسبة لجزء من مليار جزء من الثانية ، او حتى لجزء من مليار مليار من الثانية ، الا انه يستحيل علينا تسجيل الحرارة بالنسبة لكل لحظة بشكل مستمر. ولو تقدم الينا احد بسجل متناهي الطول كهذا فمن المشكوك فيه جداً ان نستطيع الاستفادة منه . من هذا نستدل على ما يجب للافتراض الصحيح ان يكون — انه يتعلق ، أغلب الظن ، لا بماهية الطبيعة بل بمقدرتنا على ادراكها .

وتزداد هذه الحجة وضوحاً اذا نحن تحرينا فرعاً من اشد فروع العلوم الرياضية سحراً ، الا وهو دراسة اللانهاية . فلقد مكننا جورج كانتور ، بعد انقضاء آلاف السنين من البلبلة حول هذا الموضوع ، من ان نبحث في المقادير اللامتناهية باطمئنان تام . فلقد كنا نعتقد بكل بساطة ان كل ما لم يكن ذا نهاية فهو لامتناه ، وبأن هذا كل ما في الامر . اما اليوم فاننا نعرف كيف نميز بين مختلف مراتب اللانهاية فنقول عن شيء ما انه أكثر لانهاية من شيء آخر او نكون أكثر دقة فنصف مقداراً ما بأنه ذو مرتبة في اللانهاية أعلى من مرتبة مقدار آخر . ومع ان في هذا مدعاة للحيرة في اول الامر ، الا ان شرحه في الواقع ليس بالامر العسير . ان السؤال الركن في هذا الصدد هو التالي : كيف يمكن لنا المقارنة بين المقادير اللامتناهية ؟

لنسأل انفسنا ، بدلاً من ذلك، كيف نقارن بالضبط بين المقادير المتناهية.

قد يكون جوابنا الاول اننا نعمد الى عدّ هذه المقادير واجراء المقارنة على هذا الاساس . ومع ان هذا تدبير مقبول دون شك ، فهنالك ، في غالب الاحيان ، وسيلة أسرع بكثير للوصول الى الجواب . لنفترض ان في منزلنا عدداً من الاطفال واننا دفعنا اليهم بسلة تفاح فيأكل كل طفل تفاحة واذا السلة قد فرغت. ان الاستنتاج الطبيعي لهذا الامر هو ان عدد التفاحات مساو لعدد الاطفال ، وهو استنتاج نصل اليه دون حاجة لتعداد الاطفال او التفاحات . ولنتمثل ، بالاضافة الى ما سبق، ان عدداً من التلامذة قد أخذوا مقاعدهم في قاعة للمحاضرات، فاذا وجدنا ان هنالك عدداً من المقاعد الخالية فاننا ندرك ان عدد المقاعد يفوق عدد التلامذة، اما اذا وجدنا المقاعد جميعها قد امتلأت ولا يزال بعض التلامذة وقوفاً في الممرات ، فاننا نتوصل الى الاستنتاج العكسي ، دونما حاجة ، في كلتا الحالتين ، الى تعداد التلامذة او المقاعد . ان عملية التعادل البسيطة هذه تشكل وسيلتنا الاساسية في المقارنة بين المقادير المختلفة . وبالرغم من ان محاولة تطبيق مفاهيمنا العادية في التعداد على المقادير اللامتناهية لن تؤدي الا الى التناقض الظاهر، فاننا لا نجد صعوبة ما في اجراء عملية التعادل بينها ، فاذا اعطينا مجموعتين لامتناهيتين واستطعنا معادلة الواحدة منهما بالاخرى فان المجموعتين تكونان عندئذ من المرتبة نفسها في اللانهائية . اما اذا وجدنا ، بعد محاولة التعادل هذه، ان هنالك فائضاً قد تبقى لدى المجموعة الثانية فاننا ندرك بالطبيعة ان تلك المجموعة أكبر من المجموعة الاولى في وجه من الوجوه .

ويعود الفضل الى كانتور لا من أجل هذه الوسيلة الاساسية فحسب ، بل من اجل النتائج البعيدة المدى في مجال اللامتناهيات . وسنبحث بعض هذه النتائج مغالين في تبسيطها فنتجاهل، مثلاً ، ان ثمة مسائل مهمة حول مراتب

اللانهاية لم يُبتّ فيها بعد . غير ان حلّ هذه المسائل المعلقة امــا ان يجيء مطابقاً للعرض الذي يلي واما ان يوسّع الفوارق بينها .

ان الاعداد الصحيحة ١ ، ٢ ، ٣ ، الخ .. تشكل احــدى المجموعات اللامتناهية المعروفة وليس ثمة شك حول كونها لامتناهية لانها تبـدأ وتستمر دون ان تصل الى نهاية. وقد أثبت كانتور ان هذه هي أصغر مجموعة لامتناهية، ذلك ان ثمة مجموعات اخرى بمقدار هذه المجموعة بالضبط الا انه ليس ثمة مـا هو أصغر منها . غير ان هنالك ، بالمقابل ، عدة مجموعات لامتناهية كبيرة جداً . والواقع انه بامكان المرء ان يجد ، مقابل أية مجموعة لامتناهيـة تخطر بباله ، مجموعة أكبر منها . وعليه نجد أنفسنا امام عدد لامتناه من مجموعـات لامتناهية متزايدة في الكبر. الا انه من حسن الطالع ألا تكون لنا أية علاقة بالمراتب اللانهائية ابعد من مراتبها الثلاث الاولى . فقـد سبق ان قلنا بأن الاعداد الصحيحة تنتمي الى أولى مراتب اللانهاية ، وسنواجه ، عما قليـل ، ثانية هذه المراتب . اما الآن فاهتمامنا منحصر في المرتبة الثالثة من اللانهاية ، ذلك لأننا عندما نحاول تعداد جميـع القوانين الطبيعية الممكنة بالمعنى المحـدد آنفاً (اي على انها جميعاً دالّات واقعية لمتحول حقيقي) ، فسنجد بأن هذه المجموعة تنتمي الى المرتبة الثالثـة من مراتب اللانهاية ، الامر الذي يوفر لنـا حلاً رئيسياً للمشكلات التي تعترضنا في تفهم القوانين الطبيعية .

ولنقارن بين هذه المرتبة الضخمة من مراتب اللانهاية وبين امكانياتنا البشرية على الادراك . نحن نستطيـع ان نضع ، بالنسبة لأية لغة بشرية، لائحة بجميع ما تحويه من كلمات وبالتالي بجميع الجمل التي يمكن تشكيلها في تلك اللغة . وبينما يبدو لنا ان هذا أمر لا نهاية له نجد ان ليس ثمة صعوبة في ترقيم هذه الجمل ١ ، ٢ ، ٣ ، الخ . بحسب ترتيب قاموسي معين . اذن فبامكاننـــا ان

نقابل الجمل في لغة بشرية معينة بأعداد صحيحة ، كما يمكن لهذا الامر ان يتم بالنسبة لجميع اللغات البشرية من ماضية وحاضرة ومستقبلة . اذن نحن مضطرون للاستنتاج بان جميع القوانين التي يمكن لبني البشر ادراكها تشكل مجموعة في أسفل مراتب اللانهاية . ونجد ، بالمقارنة مع هذا ، ان جميع القوانين الطبيعية الممكنة تقع مرتبتين فوق المرتبة الاولى من مراتب اللانهاية ، اي في المرتبة الثالثة . هنالك اذن فاصل شاسع بين ما يمكن لنا ان ندركه ، نحن البشر ذوي القدرة المحدودة، وبين ما في نطاق الطبيعة من امكانيات. ولوكان قانون الطبيعة واحداً من العدد القليل من القوانين التي يمكن لنا ، نحن البشر المتناهين ، ان ندركها لكان ذلك مدعاة لدهشة كبيرة . اذن فقد توضح الآن ما يجب ان تكون عليه الفرضية بالنسبة للعلماء : عليهم الافتراض بأن قانون الطبيعة على درجة من البساطة تمكننا ، نحن البشر ، من التعبير عنه بواسطة لغتنا المحدودة .

وها نحن اولاء وقد وصلنا الى نهاية بحث طويل مضن، ووجدنا، لدهشتنا، ان ليس ثمة ما يوجب وجود فرضية تؤكد لنا ان الطبيعة « تطيع » قوانين معينة . ولما كان القانون لا يعدو وصفاً لما يحدث بالفعل ، فان معنى الكلمات يشكل بحد ذاته دلالة على وجود قوانين في الطبيعة . ولقد رأينا بالفعل انه ينبغي وجود قانون واحد ينطبق على الطبيعة كلها ، غير اننا نجد ، بالمقابل ، ان غالبية القوانين التي يمكن لنا ان نتصورها بالنسبة للكون ، هي قوانين ستظل دائماً أبعد من مدى طاقاتنا البشرية المحدودة . اذن فثمة عقبات كبيرة تحول دون تفهمنا قانون الطبيعة ، وعليه فاذا نحن حوّلنا فرضيتنا حول الطبيعة الى فرضية حول مقدرتنا البشرية فسننتهي الى فرضية بالغة القوة ،

وعلينا ان نفترض القول البعيد الاحتمال بأن قانون الطبيعة ، او على الاقــل بعض قوانينها ، تدور في المدار المحدود المتيسر لبني البشر .

نماذج مختلفة من الفرضيات

تساءلنا لغاية الآن ، وبشكل عام ، أفي استطاعة بني البشر ان يدركوا قانون الطبيعة ، او بعض قوانين الطبيعة المنفردة . الواقع ان هنالك ثلاثـــة نماذج مختلفة من الفرضيات التي يمكن لها ان تنبثق عن هذا العنوان، فبامكاننا الافتراض انه بمستطاعنا :

(١) ان نحيط بقانون ما بشكل دقيق .
(٢) ان نتوصل الى تفهم قريب جداً من فحوى القانون . او ،
(٣) ان ندنو ما نشاء من تفهم القانون تفهماً تقريبياً .
فلنبحث في كل من هذه الحالات بحثاً مقتضباً .

لا حاجة بنا، عملياً، الى معرفة اي قانون بالضبط، وسنرضى دائماً لو توصلنا الى تفهمه بشكل تقريبي . فاذا كان اهتمامنا موجهاً الى حالة الطقس في مدينة نيويورك ، فان معرفة درجة الحرارة بتفاوت درجة فارنهيت واحدة يكفي بالنسبة لغالبية الحالات . واذا توصلنا الى معرفة الحرارة بدقة جزء من مئـة جزء من الدرجة فان هذا يكفي لسد كل حاجة علمية تقريباً. ومن المحقق انه لن يتوجب علينا ابداً معرفة درجة الحرارة بدقة تفوق جزءاً من المليون من الدرجة . اذن فنحن جميعاً موافقون على ان التقارب المعقول من قانون مـــا يساوي أحياناً معرفة القانون بالضبط . الا ان السؤال هو هـــذا : ما هو

بالضبط هذا التقارب المعقول ؟ ما هو ، في الواقع ، ذلك الذي نقبل به على انه تقارب من قانون ما ؟ لنفترض اننا نحاول الوصول الى تقارب من القانون المتعلق بالحرارة في مدينة نيويورك ، أفيكون تقارباً معقولاً ان نقول ان هذه الحرارة تبلغ دائماً خمسين درجة فارنهيت ؟ ومع ان هذا غير معقول بالبداهة ، فان الواقع هو ان الحرارة تتراوح بين ٤٠ و٥٠ درجة في ٩٠ بالمئة من الاحيان بينما تكون في ٧٥ بالمئة من الاحيان أقرب بكثير الى ٥٠ درجة . وقد نستطيع ، بشيء قليل من الحذق ، كالتكهن بحرارة مختلفة لكل فصل من الفصول الاربعة ، ان نقترب أكثر فأكثر من الجواب الواقعي ، دون ان نقارب في قليل او كثير القانون المتعلق بدرجة الحرارة . ومن الطبيعي لنا ان نشعر في هذا كله اننا غفلنا عن الأمر المقصود . وهذا ، وان كان واضحاً بالبداهة ، الا انه من الصعوبة بمكان ان نجد طريقة تجعل الامر اكثر دقة . فان الافتراضات من النموذج الثاني لا تزال بحاجة الى قدر كبير من البحث . ان هذا مجال مثمر يمكن لفيلسوف العلم ان يؤدي فيه عملاً مفيداً .

اقتصرنا في الفقرة السابقة على الاخذ بعين الاعتبار امكانية تحديد قانون ما بالضبط، وكما جئنا الآن على ذكر الامكانية الثانية، أي التوصل الى تقارب مقبول من ذلك القانون . أما النموذج الثالث من الفرضيات فهو يشمل حالة وسطاً بين النموذجين السابقين ، فبينما لا نتوصل الى تحديد دقيق لقانون ما ، نجد تقارباً منه ثم تقارباً خيراً من الاول تتبعه تقاربات متزايدة في الدقة تمكننا من التقارب مع القانون الدقيق بالمقدار الذي نود . ان هذا النوع من الفرضيات هو ، على الارجح ، أقرب ما يكون بالنسبة الى ما يفكر العالِم به في الواقع . لذلك فلا يجدر بنا ان نعير تفسيره اهتماماً كبيراً . غير ان البحث في التوصل الى تقاربات مع قانون معين أمر جد معقد من الناحية

الرياضية ، كما ان تفسيراً أبسط له يفي تماماً بالغرض . ولنحاول ان نقارب عدداً معيناً فنختار ، على سبيل المثال ، الجذر المربع للعدد «٢» .

ان لهذا الرقم تاريخاً ساحراً، وعلينا من اجله ان نعود القهقرى حتى نصل الى العالم الرياضي والفيلسوف الاغريقي فيثاغوراس، الذي عاش حوالي خمسمئة عام قبل الميلاد . ومع انه قد عاش قبل عصر العلم الحديث بأكثر من ألفي عام فانه ليبدو أول رجل قدر قيمة الرياضيات الحقة في تفهم الكون . ومن الطبيعي ان تكون معظم تعاليمه قد مزجت كثيراً من النظريات الصحيحة بمقدار كبير من الروحانية فنراه ، مثلاً ، وقد أسبغ معنى روحانياً على عدد من الارقام، كما ان الرياضيات، التي مَلَكَ ناصيتها، كانت آنذاك جد محدودة. ففيما يتعلق بالارقام نجد انه شغل نفسه، أكثر ما شغل، بالاعداد الصحيحة[١]، فجمعها وطرحها وضربها وقسمها ، وبهذه الوسائل المحدودة ، فان الارقام العامة التي استطاع التعبير عنها هي الارقام التي تشكل نسبة بين عددين صحيحين . وقد أصابت هذه النسب نجاحاً كبيراً في مجالات كثيرة ، أخصها مجال الموسيقى. وعليه نجد ان الفيثاغوريين قد أقاموا فلسفة كاملة حول هذه الارقام كما كانوا مقتنعين كل الاقتناع بأنه يمكن التعبير عن جميع اسرار الكون بواسطة نسب بسيطة لاعداد صحيحة لذلك فمن السهل ان نتصور شدة الصدمة التي اصيبوا بها حين وجدوا ان ثمة شواذ بيّنة لهذا الافتراض ، وقد كانت صدمتهم أشد لأن الشواذ قد تبدت في ذلك المجال المحبب اليهم من الرياضيات، الا وهو علم الهندسة .

لنأخذ مربعاً يبلغ طول ضلعه وحدة معينة ، واننا نود معرفة طول

---

١ — integers

الوتر[١]، وبما ان هذا الوتر يشكل مع ضلعين ، مثلثاً قائماً ، فان النظرية التي تحمل اسم فيثاغوراس تنبئنا بأن مربع الوتر يساوي ١^٢+١^٢=٢ وعليه فان طول خط الوتر هو الجذر المربع للعدد «٢» . وقد كان هذا الامر معروفاً منذ زمن بعيد الا ان الصدمة جاءت حين استطاع احد مريدي فيثاغوراس ان يثبت انه لا يمكن التعبير عن هذا العدد على شكل نسبة عددين صحيحين. وقد تأثر تلامذة فيثاغوراس كثيراً من هذا الامر وظنوا ان ذلك يعني تفكك نظريتهم حول معنى الرياضيات . غير انه توضح فيما بعد انه كان بامكانهم التغلب على هذه الصعوبة عن طريق القبول بتحديد أعم لماهية العدد . الا ان التاريخ يروي ان الروع بلغ بهم حداً جعل مكتشف هذه الشواذ يقدم على الانتحار .

ولننظر الآن في المسألة التي يواجهها الفيثاغوريون حيال الجذر المربع للعدد «٢» . فاذا كانت لغتهم الرياضية لم تمكنهم من التعبير الا عن الارقام التي تشكل نسبة بين اعداد صحيحة فالتعبير في لغتهم عن الجذر المربع للعدد «٢» كان امراً مستحيلاً. ويشبه هذا الموقف الحال الذي لا يمكن معه التعبير عن قانون الطبيعة بواسطة لغة من لغات البشر . غير انه من المحقق ان فيثاغوراس كان يعرف كثيراً من التقاربات مع الجذر المربع للعدد «٢» . وبما انه من الممكن كتابة الجذر المربع للعدد «٢» على شكل ١,٤١٤٢ فانه يمكن لنا ، بالتحقيق ان نعتبره في التقريب الاول ، على انه العدد «١» . الا ان هذا التقريب مخطىء في حوالي ٥٠ بالمئة من الحالات ، فاذا نحن كتبناه ١,٤ او على شكل النسبة ١٤/١٠ فان مقدار الخطأ يغدو أقل من ٢/١٠٠ . واذا نحن كتبناه على شكل ١٤١٤/١٠٠٠ فان مبلغ الخطأ لن يتجاوز ٢/١٠,٠٠٠.

---

١ — diagonal

لذلك يمكننا ، اذا نحن مضينا في هـذا التقريب ، ان نصل الى مبلغ الدقـة الذي نريد بالنسبة للجذر المربـع للعدد «٢» وان استحال علينا بلوغه بالضبط. ولذلك ففي اللغة المتاحة لفيثاغوراس امكان التقارب من الجذر المربـع للعدد «٢» بالمقدار المرغوب ، وذلك بالرغم من ان الجذر المربـع للعـــدد «٢» غير وارد اصلاً في تلك اللغة .

بهـذا نصل الى فرضية من النموذج الثـالث ، حيث يمكن الافتراض بأن قانون الطبيعة (أو بعض القوانين الطبيعية المعينة) لا يصلح للتعبير بواسطـة أي من اللغات البشرية ، الا انه من الممكن التوصل الى تقارب منها بالمقدار الذي نبتغيه . فاذا كانت هذه هي الفرضية التي تقول بها فاننا نحصل عندئذ على صورة جد جذابة للدور الذي يلعبه العلم . لقـد وضع العلم نصب عينيـه هدفاً ملهماً : ان يلمّ بالقـانون الطبيعي ، هدف لن يستطيع بلوغه البتـة ، غير ان بامكانه ان يتقارب منه أكثر فأكثر ، والى ما لا نهاية له . ان هـذه صورة تذكي الامل في تقدم مستديم لا يعتوره الخوف من ان الاجيال اللاحقة لن تجد ما تقوم به من عمل يستأهل اهتمامها .

القوانين السببية

لنعد الآن الى مشكلتنا الاولى في محاولة العثور على فحوى واقعية للفرضيات الفارغـة حول وجود القوانين . ولعله من المجدي ان نفترض لا وجود هـذه القوانين فحسب ، بل وجود قوانين من شكل خـاص ايضاً . وسنتنظر الآن في ستة اشكال مختلفة للقوانين ، وبالتالي ، ستة انواع جديدة من الفرضيات:

(١) القوانين السببيـة (٢) القوانين المستقلة عـن الزمن (٣) قوانين الحفظ (٤) الشروط الدنيـا (٥) القوانين المتواصلة (٦) القوانين المشتملة على عـدد معين من المقاييس او الابعاد. من البديهي انه يمكن لنا التعبير عن اي شكل من هذه الاشكال الستة بواسطة النماذج الثلاثة للفرضيات التي تقدم ذكرهـا فيحصل لدينا من جرّاء ذلك ثمانيـة عشر نموذجاً من الفرضيات . الا اننـا ، توخياً للتبسيط، سنقتصر ههنا على الفرضيات من الطراز الاول، اي الفرضيات حول الطاقة على معرفة القوانين معرفـة مضبوطة . وسنبين ان اربعـة من الاشكال الستة المذكورة تؤدي الى فرضيـات فارغة بينما يؤدي الشكلان الباقيان الى فرضيات واقعية خالصة .

ولسوف يعيننا في هذه الاعتبارات ان نلجأ الى مثل محـدد يشرح الأمر فنمثل عليه بالقانون المتعلق بحجر يلقى بـه في الهواء . فاذا نحن ألقينـاه من ارتفاع « ع » أقدام بسرعة تبلغ «س» اقدام في الثانية فان ارتفاعه « م » في اللحظات التي تلي القاءه معبر عنه بواسطة الصيغة « م » = ع + س × ز — ١/٢ ج ز٢، حيث يرمز الحرف « ز » الى الزمن بالثواني ، والحرف « ج » الى رقم ثابت (يبلغ تقريباً ٣٢،٢) . ان هذا القـانون ، الذي يعود أكثر الفضل فيه الى غاليليو ، حريٌّ بكثير من الاهتمام لانه بامكاننا ، اذا تجاهلنا مقاومة الهواء ، ان نطبقـه على اي شيء ملموس سواء أحجراً ثقيـلاً كان ام ريشة خفيفة . وسوف ندلل فيما بعد انه في الوسع افراغ هذا القانون في اي شكل من الاشكال التي سبق ورودها والمرقومة (١) الى (٤) .

ان البحث عن القوانين السببية مرتبط ارتباطاً وثيقاً بميلنـا اللاواعي الى افراغ الكون على صورتنا نحن بالذات . نحن ، في حياتنا ، نبحث عن القوى الدافعة لكل ما نقوم به ، فنقول بأن رجلاً ما هو غير عاقل الا اذا كان ثمة

« دافع وجيه » او « سبب مفيد » لما يقوم به من عمل، وكذلك فنحن نصرح دائماً بالسبب الذي دفعنا للتصرف بالشكل الذي تصرفنا به ، كأن نقول مثلاً «لقد ذهبت لمشاهدة لعبة الكرة لأن والدي علمني ان أحب فريق الدودجرز»[1]. او ان نقول « لقد صوتت لصالح الحزب الديموقراطي بسبب خطاب سمعته في شهر تشرين الاول (اكتوبر) ». او ان نقول «انا مؤمن بمنظمة الامم المتحدة لأنني اعتقد بأنها تشكل أملنا الوحيد في السلام » . لقد حدث شيء ما في الماضي ، بالنسبة لهذه الاقوال الثلاثة ، فكان سبباً في الفعل الحاضر . ان الخاصة التي تميز السببية هي ان الحادث الذي يقع في وقت ما يتسبب، بشكل من الاشكال ، في وقوع حادث آخر في وقت لاحق .

نحن نطلب الى الطبيعة ان تحذو حذونا . اننا ، عند وقوع حادث ما ، نبدأ حالاً بالبحث عن سببه في سلسلة من الحوادث السابقة . لماذا تسقط الشجرة ؟ لاننا قطعنا جذعها . لماذا يرتفع البالون في الجو ؟ لأن ضغط الهواء يرفعه . لماذا يحترق الخشب ؟ لأن الاوكسجين يتحد معه . نحن نبحث ، في كل حالة ، عن الحادث الذي أدى الى النتيجة ونشعر ، باطناً ، بأن الطبيعة قد أجبرت ، بواسطة حوادث سابقة ، على ان تتصرف بشكل معين . اننا نسخر من الاقوام البدائيين حين يعمدون الى تشخيص الطبيعة ، ومع ذلك فنحن أكثر منها مدعاة للسخرية في حالات كثيرة ، لانه من المفترض فينا ان نكون أكثر دراية من ذلك .

ويحق الثناء للفيلسوف البريطاني الكبير دافيد هيوم[2]، الذي كان اول من

١ — Dodgers ، وهو فريق من فرق لعبة البيسبول (baseball) المشهورة في الولايات المتحدة. — المترجم

٢ — David Hume

أشار بوجوب تبديل موقفنا تجاه السببية. ولنأخذ مثلاً مألوفاً يمثل على ذلك: نحن نجذب زناد البندقيــة فنسمع صوتاً مدوياً . ان السبب هو جــذب الزناد والنتيجة هي الصوت الحاصل من جراء ذلك ، فلو ان هذا الامر حــدث مرة واحدة فقط في تاريخ الكون لما ربطنا ابداً بين هاتين الحادثتين . ان السبب الذي يجعلنا نقول بأن الحادث الاول قد تسبب في الثاني يعود الى اننا كثيراً ما شاهدنا هذين الحادثين معاً . فكنا نسمع الصوت المدوّي كلما جذبنا زناد البندقيــة (على افتراض ، بالطبـع ، ان تكون بندقية سليمــة ومحشوة وغير مزودة بجهاز مخفف للصوت) . ان هــذه الجملة تحتوي على كل ما له قيمـــة واقعية ، وكلما وقع حادث كهذا تبعه حادث من النوع الثاني ، ولكن دون ان يكون في خبرتنا ما يبرر الافتراض بأن احدهما مسببٌ عن الثــاني . ان القول بأن حادثاً من نوع «أ» يتبعه دائماً حــادث من نوع «ب» يشكل قولاً صحيحاً عاماً ويغدو ، بالتالي ، قانوناً له معناه بالنسبة الى العلم . اي اننــا اذا جذبنا الزناد في المستقبل في احوال مؤاتية فانه يمكن لنا التكهن بأن ذلك سيتبعه صوت مدوٍّ . وليس من حاجــة البتة للافتراض بأن ثمــة قوة غامضة تربط بين الحادثين . وحتى لو كانت هذه القوة موجودة بالفعل فاننا لا نهتم لوجودها اذا كنا لا نستطيـع مشاهدتها بشكل من الاشكال. ان هيوم لا يعترض على القول بأن حادثاً ما يشكل السبب وان حــادثاً آخر يشكل النتيجة طالما ان هذا القول يعني لا أكثر ولا أقل من أن الحادث «ب» يتبع دائماً الحادث «أ» .

ان الذي يميز القوانين السببية هو انها تزودنا بالمعلومات عن المستقبل فيما لو توفرت لنا بعض المعلومات حول اللحظة الحــاضرة ، وهذا ، بالطبـع ، ذو أهمية بالغة بالنسبة للعلم . وثمة وجهة نظر اخرى تؤكد أهمية القوانين السببية

هي القائلة بأن هذه القوانين تشكل الوسيلة الناجعة لتوازع الجهود بين العالِم النظري والعالِم التجريبي، ذلك لأن العالم النظري يختص بالبحث عن القوانين السببية بينما يزودنا العَالِمُ التجريبي بالمعلومات المتعلقة بالحاضر . فاذا دمجنا جهود هذين الطرازين من العلمــاء نكون قد تزودنا بالمعلومات لا عن الحاضر فحسب ، بل وعن المستقبل أيضاً .

ولنعد الآن الى مثلنا الاول . ان القانون الذي اوردناه حول الحجر الملقى في الهواء مصوغ بشكل واضح جلي يزودنا بالمعلومات حول الماضي والحاضر والمستقبل، غير انه من السهولة بمكان ان نبدله ليصبح قانوناً سببياً — ويكفي لذلك ان نقول بأن التسارع هو — « ج » (والتسارع هو معدل تغيير السرعة. اما علامة الطرح التي تسبقه فهي تدل على ان سرعة الحجر تتنــاقص اذا كان مندفعاً الى أعلى وتتزايد عندما يبدأ بالاندفاع نحو سطح الارض) .

وقد يُعترض على هذا التدبير بالقول ان ذلك لا يشكل قانوناً سببياً لاننا لم نعثر على « سبب » . غير انه ليس أسهل من ايجــاد ذلك ، بالقول، مثلاً ، ان التسارع مسبب من «قوة جاذبة» ، اي من قوة تسبب التسارع الانجذابي. واذا سُئلنا كيف يمكن لنا مشاهدة هذه القوة أجبنــــا بأن ذلك يتأتى من مشاهدة التسارع . واذا سُئلنا مبلغ هذه القوة أجبنا بأنها قوية بالقدر الكافي لجعل التسارع ممكناً . قد يبدو هذا كله مصطنعاً ، ولكن هذا هو مــا فعله نيوتن بالضبط. ان بامكاننا، تجاه كل نوع من انواع الحركة، ان نشاهد التسارع « ت » وكتلة الجسيمات المتحركة «ك» . وعليه افترض نيوتن وجود قوة تسبب التسارع ويعبر عن مقدار قوتها بالعبارة الرياضية «ت×ك» . ولما كان التسارع، لدى كثير من انواع الحركة ، يتنــاسب عكسياً مع كتــلة الجسيمات المتحركة فان ذلك أعطى نيوتن قوة ثابتة المقدار تتحكم في الحركة . اما بالنسبة للمثــل

الذي نحن بصدده فانه خلو حتى من هذه الترضية ، ذلك لأن التسارع مستقل تماماً عن كتلة الجسم المتساقط . غير ان التغلب على هذه الصعوبة أمر ليس بالصعب. فاذا كان التسارع ثابتاً فليس علينا الا ان نفترض بأن القوة الجاذبة تتناسب طردياً مع كتلة الجسم المتساقط . واذا نحن أضفنا الى هذا بأن القوة الجاذبة مقدارها « ت × ك » فكأننا نقول ، لا أكثر ولا أقل ، من ان التسارع ثابت المقدار، ولا يبرر هذه الخدعة الا اصرارنا على ان تكون قوانيننا على شكل قوانين سببية .

ليس بامكاننا ، بالاستناد فقط الى الشكل الجديد لهذا القانون ان نتنبأ بموقع الحجر في اي لحظة ، فاذا نحن لجأنا الى عملية رياضية بسيطة هي اجراء التكامل مرتين متعاقبتين ، فاننا نتوصل الى الشكل العام للقانون الذي بدأنا به ولكن مع فارقين مهمين هما اننا لا نعرف مقدار « ع » ولا مقدار « س » وعلينا ان نجدهما عن طريق المشاهدة. وعندما يتم لنا ذلك نجد الصيغة الاصلية وقد استعادت اعتبارها وأمكن لنا بالتالي ان نتوصل الى المعلومات الكاملة حول مسيرة الحجر في الهواء . وسوف يستلزم كل حجر معرفة رقمين فقط ، مهما كان عدد الاحجار التي نود دراستها، اي ان على المشاهد ان يزودنا بمليوني رقم اذا اردنا ان نقوم بدراسة مليون من الاشياء التي ُدفع بها في الهواء . اما فيما يعود الى القوانين فان القانون السببي الواحد يكفي بنفسه لدراستها ، ذلك ان القانون السببي ، كما قلنا ، يحدد المستقبل اذا زودناه بالحاضر . ففي هذا الصدد تشكل الارقام التي عددها مليونان وصفنا للحاضر ، فيقوم القانون السببي بما تبقى من العمل من أجلنا . وقد يمكن لنا ، بالبداهة ، ان نتصور العملية على الشكل التالي : ان الارقام التي نعطاها تنبئنا عن موضع الاحجار في هذه اللحظة وعن السرعة التي تتحرّك بها . اما القانون السببي فيخبرنا بما

سيكون الامر عليه بعد برهة وجيزة من الزمن . وعندما تتوفر المعلومات حول اللحظة الجديدة يعود القانون فيصور لنا ما سيحدث بعد مرور زمنٍ قصير ، وهكذا دواليك ... وعندما نجمع هذه المعلومات معاً نكون قد توصلنا الى صورة كاملة للمستقبل .

وتتبين لنا الآن المزية الكبرى الكامنة في اللجوء الى هذا الشكل في صياغة القانون . فبدلاً من ان تكون لدينا قوانين منفردة للاحجار التي يلقى بها من ارتفاعات مختلفة وبسرعات متباينة نجد اننا لا نحتاج الا الى قانون بسيط واحد يقول ان التسارع يساوي — « ج » ، تاركاً كل ما تبقى في يد العالم التجريبي . فعلى قدر ما تتجمع لديه المعلومات عن الحاضر أمكن لنا ان نتكهن بالمستقبل . الا انه من الواضح أيضاً ان هذا ليس الا شكلاً مناسباً يتخذه القانون ، وليس قانوناً ذا شكل خاص ، ونحن لم تعترضنا اية صعوبة في تحويل قانوننا الى قانون سببي ، كما يمكن لنا ان نثبت ان ليس ثمة صعوبة في هذا التحويل بالنسبة لأي قانون يخطر لنا ببال . لذلك فان ما نسميه افتراضاً حول وجود القوانين السببية ليس افتراضاً البتة ، بل هو في الواقع عُرفٌ بالنسبة للشكل الذي يجب ان تكون عليه قوانين الطبيعة . وسنرى فيما بعد ان الفرضيات من الشكل (٢) ، (٣) و (٤) ليست ، هي الاخرى ، الا من الاعراف .

وطبيعي ان تكون الاعراف مفيدة جداً في اي جهد نقوم به ، الا ان الخطر يكمن في خطإ اعتبارها فرضيات واقعية. ولقد حاول فلاسفة كثيرون ان يستندوا الى ان العلماء يلجأون الى القوانين السببية لاستخلاص نتائج بعيدة المدى، غير انه من الجلي ان الاستنتاج المشروع الوحيد الذي يمكن استخلاصه

من وجود القوانين السببية هو ان العلماء يفضلون لقوانينهم ان تصاغ في قالب سببي .

ولقد قيل ان المنافس الاكبر للقانون السببي هو القانون الغائي[1]، اي القانون الذي يحدد الحاضر اذا توفرت له المعلومات عن المستقبل بدلاً من تحديد المستقبل. ولقد كُرِّس وقت كثير وصفحات عديدة للبحث في أي النموذجين أفضل ، وأراني لا أود ترك الموضوع دون النظر في هذه المسألة .

لنحاول ان نضع قانوناً سببياً ، ولنأخذ الطقس موضوعاً له على اعتبار انه اما « جيد » او « رديء » ، ولنفترض ان « الماضي » هو الايام الثلاثة الاخيرة . ان قانوننا هذا يقول انه اذا كان الطقس جيداً خلال يومين كاملين من أصل الايام الثلاثة الماضيات فان الطقس سوف يكون مشابهاً لطقس الامس، وفيما عدا ذلك فسيحدث تغير في الطقس . وسنرى ان هذا يشكل قانوناً سببياً كاملاً فيما يختص بجودة الطقس .

لنرمز الى الطقس الجيد بالحرف «ج» والى الطقس الرديء بالحرف «ر» ثم لنفترض انه قد مر علينا يومان كان طقسهما جيداً ثم تبعهما يوم كان طقسه رديئاً ، ولنتتبع الآن مختلف الامكانيات الكامنة في هذا الافتراض :

الايام الثلاثة الاخيرة ج ج ر

يومان طقسهما جيد ، اذن

فالطقس لن يتبدل (اي سيبقى رديئاً) ج ج ر ر

---

١ — teleological law

نرى الآن ان يوماً واحداً من الايام الثلاثة
المنصرمة كان جيد الطقس ، اذن فتغير
الطقس متوقع ج ج ر ر ج

الحالة ههنا لا تختلف عن سابقتها
اذن فالتغير متوقع ج ج ر ر ج ر

الحالة نفسها — تغير متوقع ج ج ر ر ج ر ج

هنالك يومان من الايام الثلاثة الاخيرة
كان طقسهما جيداً ، اذن لا تغير متوقع ج ج ر ر ج ر ج ج

الحالة نفسها — لا تغير في الطقس ج ج ر ر ج ر ج ج ج

الايام الثلاثة الاخيرة كانت جيدة
الطقس — اذن فالتغير متوقع ج ج ر ر ج ر ج ج ج ر

لقد عدنا الآن الى نقطة البداية ، اي الى يومين جيدي الطقس تبعهما يوم رديء ، وسوف يعيد الطقس الكرة نفسها من هنا وصاعداً ، الامر الذي يشكل دورة تستغرق سبعة أيام . ان المعلومات اللازمة ، اي حالة الطقس خلال الايام الثلاثة الاخيرة، هي الدلالة الاولية التي نستنتج منها كل ما يتعلق بالمستقبل بواسطة هذا القانون الصغير .

ولكن أيمكن ان نتوصل الى معرفة الماضي؟ لنبدأ ، مرة اخرى، بالحالة « ج ج ر » ولنرمز بالحرف «س» الى حالة الطقس في اليوم السابق، مما يؤدي للحصول على العبارة « س ج ج ر » . ولكن بما ان « س ج ج » قد تبعها تبدل في الطقس فانه لا يمكن لهذه العبارة ان ترمز الى فترة يومين كاملين

فقط من الطقس الجيد اذن فان س = ج . ولنفترض ايضاً ان الحرف « و » يرمز الى اليوم الذي سبق هذه الايام كلها ، الامر الذي يؤدي الى العبارة « و س ج ج ر » او بالاحرى « و ج ج ج ر » ان الايام الثلاثة و ج ج لم يتبعها اي تغير في الطقس، اذن فالطقس كان جيداً خلال يومين كاملين فقط، اذن فان و = ر ، وهكذا الحال دواليك. ان بامكان قانوننا ، في حال توافر المعلومات اللازمة ، ان يقوم بالتكهن لا عن المستقبل فحسب بل بتحديد الماضي ايضاً . ويصح هذا القول كذلك على معادلات التفاضل[1] التي يعبر بواسطتها عن القوانين السببية في الفيزياء . والسؤال الآن هو التالي: ما هو أثر هذا كله على الجدل الفلسفي العتيق حول ما اذا كان يتوجب على القوانين ان تحدد المستقبل على ضوء الحاضر او تحدد الحاضر على اساس المستقبل البعيد ؟ ان الجدل كله يبدو وكأنه قد فقد معناه كلياً .

الاشكال الاخرى للقوانين

لننظر الآن في الفرضية القائلة بوجوب استقلال القوانين عن الزمن . ان الصعوبة الكامنة ههنا هي الغموض المحيط بالكيفية التي يستقل بها القانون عن الزمن . واذا نحن سألنا عالماً ما عما يعنيه بذلك فان الاجابة المتوقعة تكون في الاشارة الى بعض مظاهر القانون التي لا تتأثر بمرور الزمن ، كالثابت «ج» في قانون الجاذبية الذي يشكل ثابتاً عاماً مستقلاً عن الزمن . ولكن لنسأله عما قد يحدث فيما لو تغير « ج » مع الزمن ، كذلك فلنفترض ان « ج » ثابت ولكن بشكل تقريبي فقط ، اي انه رقم يتغير ببطء شديد مع الزمن . هل

---

١ — differential equations

يهجر العالم كل محاولة لصياغة قانون كهذا ؟ ان الجواب هو نفي بالتأكيـد ، ذلك لأن ما سوف يفعله العالم عند ذاك هو البحث عن القـانون الذي يتعلق بسرعة تغير « ج » ثم دمجه مع القـانون القديم ليتوصل الى قانون جديـد للاجسام المتساقطة . وهذا بالفعل ما جرى عندما وجدنا ان قيمة « ج » في مكان ما تتوقف على مقدار ارتفاعه عن سطح البحر .

وثمة اقتراح آخر بصدد الاستقلال عن الزمن ، هو ألا يحتوي القانون على عنصر الزمن بشكل جلي واضح ، فنبحث في التبدلات التي تحصـل بالنسبة للزمن او لسرعـات مختلفة ، ولكن دون ان يشكل الزمن نفسه جزءاً من المعادلة التي تعبر مباشرة عن القانون . الا انه لا صعوبة هنالك في تغيير المثل الذي اخذناه ليطابق هذا الشرط . لأن كل ما علينا فعله هو صياغة القـانون بالشكل التالي : التسارع = — «ج» ، الامر الذي يماثل ، عملياً ، قانوننـا الاول كما سبق وأشرنا ، لأنـه لا يستدعي أكثر من تحديـد رقمين عن طريق الاختبار . هذه في الواقع احدى المظـاهر العامة في القوانين . فاذا اعطينا قانوناً يحتوي على عنصر الزمن بشكل واضح فانه يمكن لنا ان نتخلص منـه باجراء عملية التفاضل[١] عـدداً كافياً من المرات ثم دمج الانحرافات[٢] المختلفـة لتشكيل قانون جديد . وهذه بالفعل هي الوسيلة التي يستعاض بواسطتها عن معادلة عادية بمعادلة تفاضلية[٣]— وهي تدبير شائع جداً في الرياضيات المتوسطة[٤] وتكون النتيجة دائماً ان تستبدل معادلة واضحـة جلية بمعادلة لا تحتوي الا على مقادير التغير . من كل ما سبق نجد لزاماً علينا ان نتوصل الى الاستنتـاج

---

١ — اي عملية تفاضل رياضية — differentiation

٢ — deviations

٣ — differential equation

٤ — itermediate mathematics

بأن الفرضية التي تقول باستقلال القوانين عن الزمن فرضية خالية من كل محتوى واقعي وليست الا اعرافاً بالنسبة للشكل الذي تتوجب صياغة القانون بحسبه .

وثمة فرضية اخرى كثيراً ما ترد في مختلف الكتابات وتقول بأن العلم يرتكز على مبدأ الحدود الدنيا [1]. لذلك فان الكثير من القوانين الاساسية ، بحسب هذه الفرضية ، يتخذ شكلاً يكون فيه مقدار ما على أقل ما يمكن له ان يكون ، اي في حده الادنى . وهنا ايضاً نجد ان لا صعوبة تعترضنا في تغيير المثل الذي اعتمدناه الى هذا الشكل . فاذا نظرنا الى مقدار تغير التسارع وجدنا ان هذا المقدار يساوي صفراً ، اي حده الادنى ، لأن التسارع هو نفسه ثابت . (وقد تجاهلنا كون التسارع ايجابياً ام سلبياً) . اذن فنحن نرى انه يمكن الاستعاضة عن القانون الاولي بالافتراض القائل بأن مقدار تغير التسارع يشكل حداً ادنى . كذلك فثمة تغير جذري أكثر من هذا يمكن بواسطته ان يُحوّل قانوننا الى حده الادنى . فنحن نعلم ان الحجر يستمر في السير في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة ما ، وبدلاً من ان ندخل في حسابنا القوة التي تجذبه او تدفع به خارج الخط المستقيم فانه يمكن لنا ان نغير هندسة الفضاء برمتها بشكل يجعل خط مسير الجسيمات أكثر ما يكون استقامة ، وهو الخط المعروف باسم الخط الجيوديزى او « المنحني الفضائي » . ان هذا التغير الصعب المنال هو مرتكز النظرية العامة في النسبية ، وقد ثبت انه جمّ النفع في الفيزياء الحديثة .

لننظر الآن في نموذج عام للقوانين ، وسنجد ، هنا ايضاً ، ان لا صعوبة

---

١ — minimum principles

تعترضنا في تحويله الى مبدأ الحد الادنى. فاذا افترضنا ان احد قوانين الطبيعة يصف كيفية تغير عملية معينة بمرور الزمن ، وان هـذا القانون معبر عنـــه بواسطة الدالة « د (ز) »[1] التي تحدد كيفية اعتماد هذه الكمية على الزمن فاننا لن نحتاج الا الى فكرة واحدة نأخذها من الرياضيات العالية : فكرة المسافة التي تفصل بين دالتين كهاتين . ويمكن ان يصار الى التعبير عن ذلك بالصيغة[2]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left| د_{(١)} (ز) - د_{(٢)} (ز) \right| ت ز$$

كما يمكن عندئذ التعبير عن هذا القانون بالقول ان المسافة التي تفصل بينه وبين « د » تبلغ حداً ادنى . الا اننا نتوصل ، مرة اخرى ، الى الاستنتـاج بأنه طالما يمكن صياغة اي قانون بشكل ينسجم فيه مع مبدأ الحـد الادنى فان الفرضية التي يرتكز اليها ليست فرضية واقعية حول الطبيعـــة بل هي وسيلة ملائمة بالنسبة للشكل الذي يتوجب صياغة القوانين بحسبه .

ان الفرضية التي تتردد ، أكثر ما تتردد ، في نصوص الفيزياء الحديثة هي ان الطبيعة تطيع بعض قوانين معينة في الاحتفاظ[3]. ولنعـد ، مرة اخرى ، الى مثلنا الاول فنشرحه بقولنا ان التسارع مُحتفظ به . اننا اذا أخـذنا أعم القوانين فسنجد ، مرة اخرى ، ان لا صعوبة تعترضنا في صياغتـــه بشكل قانون احتفاظ. ولنفترض ان هذا القانون قد اتخذ شكل معادلة رياضية وما

---

١ – the function F (t)

٢ – $\int_{-\infty}^{\infty} \left| F_1 (t) - F_2 (t) \right| d t$

٣ – conservation

علينا الا ان ندوّن الفرق بين الجانب الايمن والجانب الايسر من المعـــادلة . ولما كان هذا الفرق يساوي دائماً صفراً ، يمكن لنـا الاستعاضة عن قانوننـا بالقول ان هذه الكمية الجديدة قد حُفظت. قد يبدو هذا تدبيراً جد مصطنع، الا ان نظرة عجلى نلقيها على تاريخ قوانين الحفظ تبين لنا ان بقاءها لم يكن مرهوناً بخاصة أضفتها عليها الطبيعة بقدر مـا كان مرهوناً بتعلق البشر بهذه القوانين .

ومن المفترض ان المفهوم الاول للطاقة كان مفهوم الطاقة الحركيـة [1] ، او $\frac{ك \times س^2}{2}$. ان القانون الاول لحفظ الطاقة قال ، بكل بساطة ، بحفظ كامل الطاقة الحركية المتعلقة بعملية حسية . الا ان الامر لم يطل حتى تبين ان هذا ليس هو الحال على وجه العموم. فاذا ألقينا بحجر في الهواء ، مثلاً ، فلا يصح القول ان طاقته الحركية تظل محفوظة . فبما ان الحجر ينطلق بسرعة مرتفعة تنخفض تدريجياً الى ان يتوقف عن الحركة لبرهة وجيزة في أعلى نقطة يرتفع اليها ويبدأ بعد ذلك بالهبوط بسرعـة متزايدة فان طاقته الحركية تأخـــذ بالنقصان حتى تغدو صفراً ثم تأخذ بالازدياد حين يأخذ الحجر بالهبوط. ويمكن لنا ان نستنتج من قانوننا هذا ان $\frac{ك \times س^2}{2}$ تساوي رقماً ثابتاً نطرح منه قيمة [2] ك ج ع (اي $\frac{ك \times س^2}{2} =$ ث ــ ك ج ع) وكان يمكننا القول عند هذا ان

---

١ — $\frac{1}{2}mv^2$: Kinetic energy ويرمز الحرف ك الى الكتلة والحرف س الى السرعة .

٢ — ترمز الاحرف ك ج ع الى الكتلة وثابت الجذب والعلو ، اي الى الطاقة الكامنة : (potential energy)

الطاقة غير محفوظة . الا ان العـالم الفيزيائي نقل ك ج ع الى الشطر الايمن من المعادلة وقال بأن $\frac{ك \times س^{2}}{2}$ + ك ج ع تساوي رقماً ثابتاً ، وبأن هـذا يدل على ان الشطر الايمن محفوظ بالتالي . ثم انه ذهب الى أبعد من ذلك فغير رأيه فيما يُطلق عليه لفظة « طاقة » وجعل الشطر الايمن من المعادلة مساوياً لطاقة الجسيمة ثم قال بأن الطاقة محفوظة . الا ان القصة لا تنتهي عند هذا الحد ، ذلك لأن عوامل اخرى تدخلت في الامر وأثبت كل منها ان الطاقـــة ، كما حددها العالم الفيزيائي بالنسبة لكل لحظة ، لم تكن محفوظة. فكان لزاماً عليه في كل من هذه الحالات ان يغير مفهوم الطاقة بدلاً من ان يضرب صفحـاً على قانون حفظ الطاقة .

كان مفهوم الكتلة في اوائل القرن العشرين هو الوحيد ، على مـا يظن ، الذي كان منفصلاً بشكل جلي عن مفهوم الطاقة . ذلك لأنه كان لدى الفيزياء مواد صلبة لكل منها كتلتها كما كان هنالك، بالمقابل ، عدة أنواع من الطاقة. وقد تحطم الحد الفاصل بين الاثنين عندما وجدنا بالامكان تحويـل الكتلة الى طاقة. وقانون التحويل هذا هو بالطبـع المعادلة المشهورة التي تتحول بمقتضاها الكتلة « ك » الى طاقــة تساوي ك × $ض^{2}$ ، حيث يرمز الحرف « ض » الى سرعة الضوء. وحتى هنا نجد ان عالم الفيزياء لا يتخلى عن قانون حفظ الطاقة بل نجده وقد وضع تحديداً جديداً لمفهوم الطاقة باضافة ك × $ض^{2}$ الى المفهوم القديم ، وتسمية ذلك مفهوم «الكتلة — الطاقة» ثم عرض الامر على انه قانون حفظ الكتلة — الطاقة . ولا مندوحة لنا من الاستنتـــاج ان قوانين الحفظ موجودة اصلاً لا بسبب شواذ ما في الطبيعة، بل بسبب شواذ في بني الانسان — هو انهم يحبون قوانين الحفظ .

ان هذا المثل الاخير يبين بوضوح الفرق بين الشكل الذي يتخـذه قانون ما وبين محتواه الواقعي . ان المحتوى الواقعي لهذه القوانين قد تعرض للتغير من آن لآخر خلال التاريخ الذي مر بها ، الا ان شكلها بقي دون تبديـل . والامر الذي يزيد الصورة غموضاً هو ان الشكل لم يبق وحده دون تبديـل فحسب ، بل ان تسمية هذا القانون ظلت « قانون حفظ الطاقة » . وعليـه فقد ظن الكثيرون ، خطأ ، ان القانون بقي دون تبديل . اما ما حـــدث بالفعل فهو مــا يلي : لقد ظلت المعادلة نفسهــا قائمة عبر تاريخ قانون حفظ الطاقة ، الا ان مفهوم الطاقة كان يتغير بين الحين والآخر . ولربما كان هــذا يشكل المثل الواضح الوحيد على تبدل المحتوى الواقعي لقانون ما لا عن طريق تبدل المعادلة التي تعبر عنه بل بتبديل في تفسير المفاهيم التي يشتمل عليها .

أنا لا أنكر امكانية وضع نماذج جديدة من الفرضيات تكون لها محتويات واقعية . كذلك فانه من الواضح انه يمكن تقوية أي من الفرضيات الواردة أعلاه لاعطائها محتويات واقعية. غير ان المناقشات العادية تأخذ هذه الفرضيات بشكلها الحالي ثم تحاول ان تستخلص منها استنتاجات بعيدة المدى . هذا أمر خطير ، فليس ثمة ما يسترعي النظر في فتــاة شقراء الشعر اذا كانت هي التي صبغته بنفسها .

فرضيات واقعية

سننظر الآن في مثلين عن فرضيات حول اشكال القوانين — فرضيات لا تخلو من محتوى واقعي . وسيكون المثل الاول ، الفرضية القائلة بأن القانون الطبيعي ، او بعض قوانين الطبيعة ، لها صفة الاستمرار . وهذا يعني اننا لو

عمدنا الى رسم مخطط لقانون ما ، فان هذا المخطط يتمثل في خط غير منقطع. فاذا أخذنا ، على سبيل المثل ، درجة الحرارة في مدينة نيويورك وتخيلنا ان هنالك سجلاً لهذه الحرارة عبر مدة طويلة من الزمن دونت درجة الحرارة فيه كل لحظة ، فان فرضية الاستمرار كانت تعني عند ذاك ان هذا السجل مؤلف من خط غير منقطع .

هذه فرضية جديرة كثيراً بالاهتمام ، ذلك انه من المستحيل اثبات بطلانها بالرغم من محتواها الواقعي. ولما كان بنو الانسان لا يستطيعون القيام الا بعدد محدود من المشاهدات مهما توافر لديهم من وقت ، فاننا نجد انفسنا في موقف يمكننا من الاخذ بالفرضية القائلة باستمرار قوانين الطبيعة. ويسهل ادراك هذا الامر اكثر ما يسهل عن طريق اعتبار هذه القوانين ممثلة في شكل مخططات، فاذا العدد المحدود من المشاهدات ممثل بنقط محدودة العدد على صفحة المخطط يمكن الوصل بينها بعد ذاك بخطوط تجعل الخط البياني الاجمالي يبدو دون تقطع . ولما كان هذا الامر متيسراً بالنسبة لأي عدد محدود من النقاط ، فلن يمكن لنا البتة ان نتوصل الى اثبات دامغ بوجود قانون طبيعي متقطع .

ما الذي يجعلنا نرغب في قوانين طبيعية متواصلة ؟ الجواب ان احتمال العثور على قانون متواصل هو أكثر بكثير من احتمال العثور على قانون متقطع . فنحن نعلم ، في المقام الاول ، ان المجموعة الكاملة لكل القوانين المتواصلة تنحصر في المرتبة الثانية من مراتب اللانهاية، ومع كون هذا يجعلها أعلى مرتبة من مجموعة القوانين المتيسرة لبني البشر ، الا انها تظل أدنى مرتبة من مجموعة تحتوي على جميع قوانين الطبيعة الممكنة . وثمة سبب ثان ، هو ان القوانين المتواصلة عادة ما تكون أسهل ادراكاً بالحدس من القوانين المتقطعة ، الامر الذي يزيد من احتمال العثور عليها. ولكن هذا الامر بالذات هو مكمن الخطر

في فرضيتنا. فمع صحة القول باننا نستطيع الاخذ دائماً بفرضيتنا في التواصل، الا ان الثمن الذي يتوجب علينا دفعه من اجل هذا الامر قد يكون مرتفعاً جداً . ولنفرض ، على سبيل المثال، ان رقماً معيناً تجري مشاهدته في الطبيعة ظل يبدو ، حتى عام ٢٠٠٠ ب.م. ، على انه الرقم « ٣ » ، وانه ، بعد ذلك التاريخ ، غدا دائماً الرقم «٥» . فبامكاننا ان نمثل هذا الامر بمنحنى متصل على شكل خط بياني ، الا انه يبدو أسهل بكثير لو كان ذلك بواسطة خطين بيانيين منفصلين، يمثل الاول الرقم الثابت «٣» لغاية عام ٢٠٠٠ ب.م.، والثاني الرقم الثابت «٥» بعد ذلك التاريخ . وبكلمة اخرى ، فان الخطر يكمن في انه بينما يمكننا الحصول على قانون متواصل، هو في الاغلب قانون بسيط، فان القانون المتواصل يمكن ان يكون أكثر تعقيداً من القانون المتقطع الذي يستدل عليه من الوقائع . لذلك ، ففي حين انه يستحيل علينا دحض افتراضنا ، فانه يمكن ان نجعله بعيداً عن المنطق ، بعداً يكفي لطرحه جانباً . والواقع ان الدلائل المتوافرة حالياً في الفيزياء الذرية جعلت الكثيرين من الفيزيائيين يعتقدون بأن بعض الظاهرات الذرية ذات صفة متقطعة .

والمثل الثاني على فرضية غير خالية من واقع هو الفرضية القائلة بأن الفضاء الذي نعيش فيه ذو ثلاثة ابعاد (سوف نقتصر هنا على اعتبار الابعاد الفضائية فحسب ، لذلك فعنصر الزمن مستبعد من البحث) . ان الدلائل الحسية تقنعنا بأننا نعيش في فضاء ثلاثي الابعاد[1] على الاقل — والتأكيد ههنا هو على عبارة « على الاقل » — فنحن لن نتمكن البتة من التوصل الى اثبات دامغ بعدم وجود ابعاد اخرى ، وكل ما نستطيع قوله ان كل الذي قمنا بمشاهدته

١ — three – dimensional space

الى الآن يمكن تعليله تعليلاً كاملاً بواسطة قوانين لا تفترض وجود اكثر من ثلاثة ابعاد فضائية ، ومع انه يبدو غير محتمل لنا ان نتخطى هــذه المرحلة اطلاقاً ، الا انه ليس مستحيلاً ان تبرز بعض أدلة تجعلنا نتخلى عن هــذه الفرضية .

ان علينا ، من اجــل ذلك ، ان نتحرى بعض خصائص الفضاء الرباعي الابعاد[1]، وأسهل طريقة لذلك هي اللجوء الى قياس التمثيل[2]. علينا ان نتخيّل صورة لعالم ثنائي الابعاد ثم نحاول التفكير في علاقتنا بكون بسيط كهــذا . ان ظاهرة واحدة تكفي لتوضيح هذا الامر . لنفرض ان كائناً ثلاثي الابعاد قد قبض عليه في عالم ذي بعدين ، ولنفرض ان هذا العالم ممثل بشكل حقــل واسع مفتوح الجوانب وان على الكائن الثلاثي الابعاد ان يتحمل السجن في هذا الكون المصغر . ان السجن الوحيد الذي يمكن بنــاؤه حوله سيتخذ شكل مربع كبير يقف السجين في وسطه . وبما ان الكون ههنا ذو بعـــدين فقط فان المربع المذكور لن يكون له اي ارتفاع اطلاقاً. وعليه فان كائننا الثلاثي الابعاد لن يجد صعوبة ما في تخطي « الحائط » والهروب من سجنه . ولكن كيف يبدو هذا الامر بالنسبة لكائن ذي بعدين؟ انه يرى الكائن الثلاثي الابعاد داخل السجن ثم اذا به يختفي عن الانظار برهـــة وجيزة من الزمن ليظهر بعدها خارج جدرانه . كذلك ، يمكن اقامة الدليــــل على ان كائناً رباعي الابعاد لن يواجه صعوبة أكثر من هــذه في الهرب من احد سجوننــــا التي تتشكل من ابعاد ثلاثة وحسب . لذلك فلو كان اختفاء بعض الكائنات عن ناظرنا ثم ظهورها خارج الغرف المغلقة أمراً شائع الحدوث ، فانه من المحتمل

---

١ – four – dimensional space

٢ – analogy

جداً ان نعمد الى رفض الفرضية القائلة بأننا نعيش في فضاء ثلاثي الابعاد .

ان هاتين الفرضيتين مثلان مبنيان على الاعتبار بأن هنالك قوانين ذات شكل معين وان الفرضيتين ليستا خاليتين من محتوى واقعي . انهما فرضيتان لن يمكن ابداً اثباتهما كلياً ، مع انه كان من المستحيل ، في الحالة الاولى ، ان يقام الدليل على بطلانهما ، كما كان ذلك بعيد الاحتمال في الحالة الثانية ؛ الا ان ثمة خاصة مشتركة بينهما هي انه بالرغم من ان الدلائل ليست تبدو قاطعة ، فانها قوية لدرجة تجعلنا نصل الى رفض احدى هاتين الفرضيتين او كلتيهما .

تناسق الطبيعة[1]

مهما يكن قول العالم بشأن الفرضيات العلمية ، فانه من المرجح له ان يعطي المقام الاول للفرضية القائلة بتناسق الطبيعة ، وهي فرضية تشكو ، لدى تحليلها ، من الصعوبة المعتادة . فالشكل الذي نجدها عليه في المؤلفات يشير الى ان على التناسق هذا ان يكون احدى خاصات الطبيعة التي تدعو للاعجاب . اما الواقع فهو ان واضعي هذه الفرضية يهدفون الى فرضية تربط بين الطبيعة وبين امكانيات البشر المحدودة . فهذه اذن ليست فرضية حول الطبيعة بقدر ما هي حول قدرتنا على ادراكها .

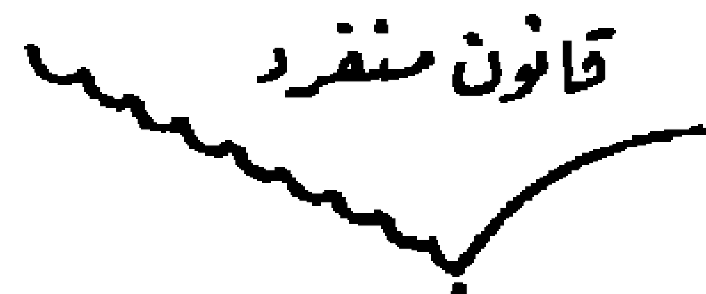
بأي مدلول يتوجب على الطبيعة ان تكون متناسقة ؟ يقال لنا ، مثلاً ، ان الطبيعة ستتصرف غداً تماماً كما تتصرف اليوم ، وان هـذه الفرضية أمر ضروري حتى نطمئن الى ان خبرتنا السابقة تشكل دليلاً موثوقاً به للمستقبل.

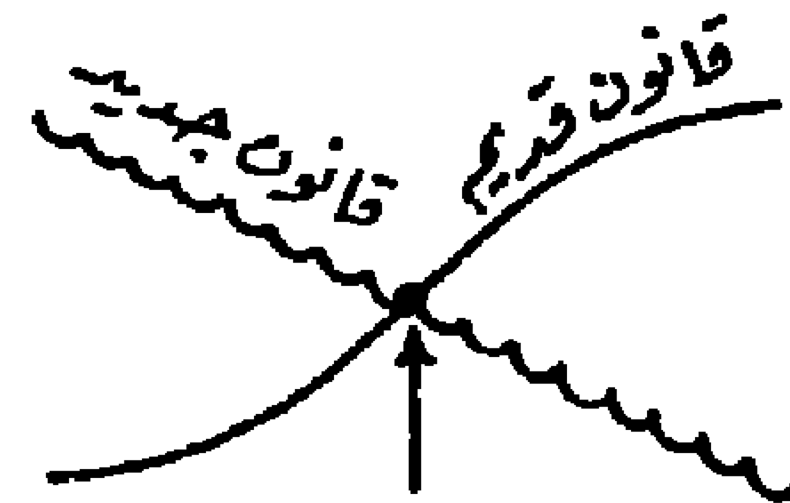
---

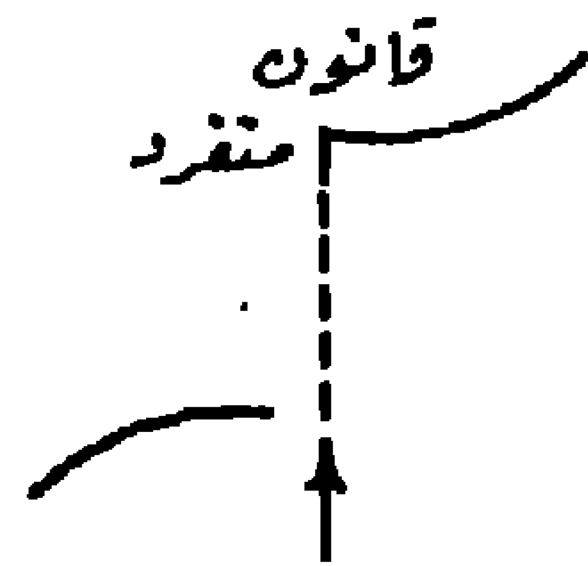
١ — Uniformity of nature

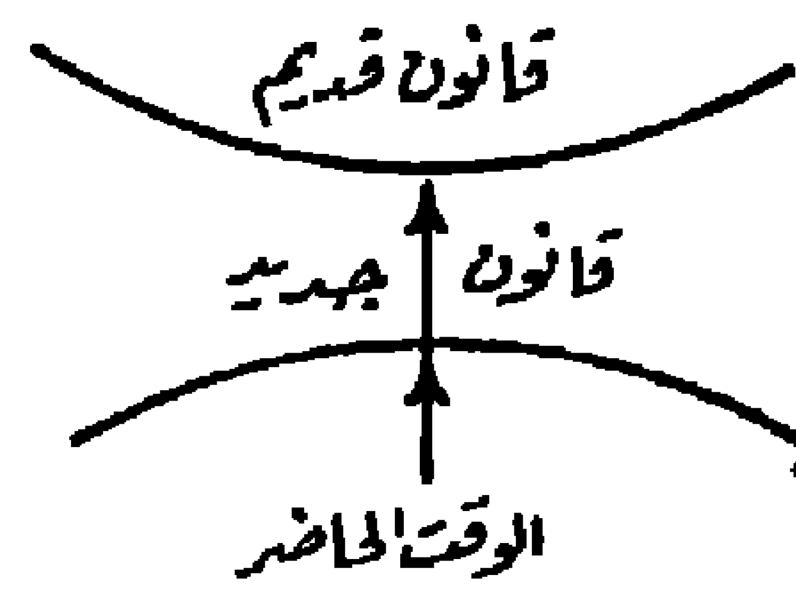




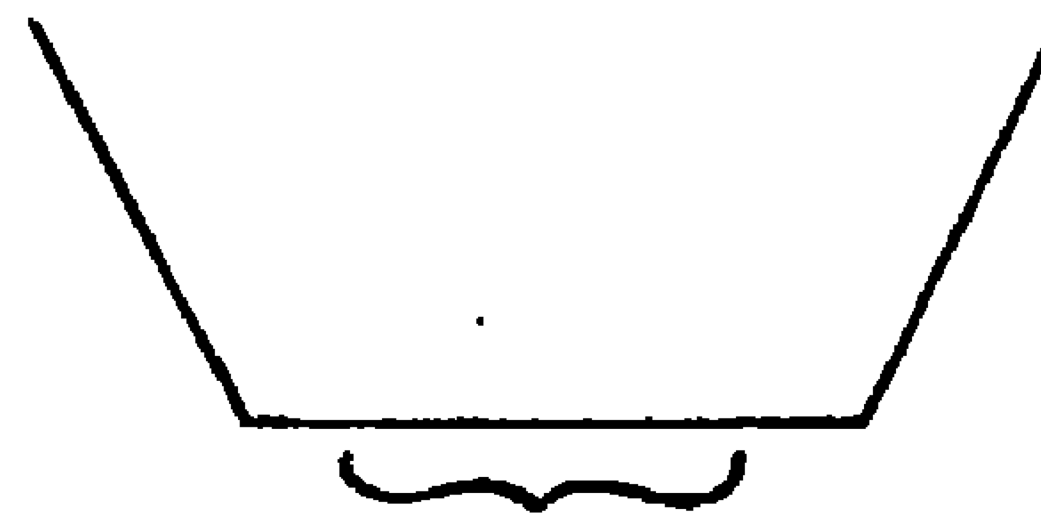








قانون طبيعة لا يتغير ← قانون طبيعة قابل للتغير



قانون لا نستطيع العثور عليه

اي ان علينا ، بكلمة اخرى، ان نقيد الطبيعة بشكل ما لكي تطيع في غدٍ القوانين نفسها التي تطيعها اليوم . هذا كلام سبقت الاشارة الى بطلانه ، لأن القانون لا يزيد عن كونه وصفاً لما يحدث بالفعل . وانــه لمن العسير ان ترى ما يمكن لنا ان نعنيه بقولنا ان وصفنا ليوم غد هو الوصف نفسه ليوم امس. هذا خطأ بكل معنى الكلمة . اما من ناحية كون الامر جزءاً من وصف عام فليس ثمة سبب يدعو الى تكذيبه .

ولنحاول استخلاص مثل بسيط من هذا كله . لنفرض اننا رسمنــا خطين بيانيين على صحيفتين من ورق ثم قيل لنا ان احد هذين الخطين يمثل الطبيعــة لغاية اليوم وان الآخر يمثلها من اليوم وصاعداً، فليس من سبب يمنع دمج هذين الخطين البيانيين في خط واحد (راجع الرسوم المرفقة) . ففي احــد النماذج تكون النتيجة خطاً مستمراً ، واما في نموذج آخر فتكون خطاً متقطعاً . الا ان هذا أمر يتعلق بالاستمرار ولا علاقة له البتة بتجانس الطبيعـــة . ويكاد يكون من المحقق اننا نشكو ههنا من شعور باطني ان الطبيعة تشابــه الكائن البشري . فالتجربة البشرية الشائعة تدل على ان القــانون الذي عمل بموجبــه بعض الناس او اتبعته حضارة كاملة لمدة طويلة انما يعتوره التغير بعض الشيء، وترانا نود الحيلولة ، بشكل من الاشكال ، بين الطبيعـــة وبين التصرف على هذا الغرار . انه لمن الواضح ان هذا الطراز من التفكير لن يؤدي الا الى البلبلة .

وبالرغم من ان التساؤل حول الطبيعة وهل هي تطيع قانوناً ما او أكثر أمر لا جدوى منه، الا اننا نشعر بشيء من القلق حول تغير القانون الطبيعي بسرعة وانتظام على الزمن ، ويقلقنا الا يكون لنا أمل في ظروف كهذه في العثور على ذلك القانون .

وها كم مثلاً أسهل ، ففي الرسوم المرفقة نجد قانوناً من قوانين الطبيعة يتشكل من ثلاثة اجزاء بسيطة . فلو اقتصرت خبرتنا البشرية كلها على احد هذه الاجزاء لكان يستحيل علينا بأي شكل معقول ان نتكهن بوجود الجزئين الباقيين . وهنا ، في اعتقادي ، يكمن مفتاح هذه المسألة .

وقد يمكن لنا ان نتخيل القانون الطبيعي يصف نموذجاً [1] شديد التعقيد . الا ان ما نراه منه لا يعدو جزءاً صغيراً محصوراً بينما يمتد النموذج امتداداً متسعاً في الفضاء والزمن . ان ما يمكن لنا رؤيته في اية برهة معينة لا يعدو جزءاً صغيراً من الفضاء ، كما يمكن حصر وجودنا بأجمعه ضمن فاصل زمني قصير . وعلينا ، من رؤية هذا الجزء الصغير من النموذج ، ان نتكهن بشكل النموذج المعقد كله . اذن علينا ان نصحح انطباعنا السابق ، ذلك لأن الامر لا يتعلق بسرعة تغير النموذج بقدر ما يتعلق بالتغيرات التي نشاهدها في جزئنا الصغير منه وهل هي تمثل النموذج بأجمعه ، وبامكاننا ان نقيم بكل سهولة صورة لنموذج سريع التغير لا نجد معه أية صعوبة في التكهن بالوضع العام بمجمله . ولنفرض ، على سبيل المثل ، ان النموذج دوري ، وان دورته جد قصيرة الامد . فاذا كان مدى حياة البشر طويلاً بالنسبة لهذه الدورة ، فسوف يتاح لنا ان نشاهدها تتوالى مرات متعددة فنستطيع التكهن ، دون أية صعوبة ، بشكل النموذج الاساسي للكون بأجمعه . اما اذا كان ما يحدث في جزئنا الصغير بسيطاً بالنسبة لنموذج بأجمعه ، بقطع النظر عن سرعة تغير النموذج (أي قصر الدورة أو طولها) فان مسعانا يغدو دون أمل . القضية اذن قضية البساطة النسبية للقانون الطبيعي ، أي بساطته بالنسبة الى ذلك الجزء منه الذي يمكن لنا ان نشاهده .

---

١ — pattern

ان على العَالِم ، اذ ينهج مناهج العلم ، ان يأخذ الفرضيات بعين الاعتبار بحسب درجة تعقيدها ، فيبدأ بأسهل فرضية تطابق ما لديه من وقائع ويظل عليها الى ان تدفعه الحقائق للتخلي عنها ثم يعود فيبحث عن أسهل فرضية تنسجم مع ما توافر لديه من وقائع جديدة . فاذا نحن تقبلنا هذا النهج فان المشكلة التي تواجهنا ههنا تغدو اكثر وضوحاً ، لانه اذا كان القانون الطبيعي، أو بعض القوانين المعينة ، على درجة كافية من البساطة بالنسبة لما يمكن لنا مشاهدته ، فلنا أمل في العثور عليه ، أو عليها ، خلال فترة معقولة من الزمن . اما اذا كانت القوانين هذه شديدة التعقيد ، فان العثور عليها يستلزم ردحاً طويلاً من الزمن. بل الواقع ان اي فترة معقولة من الزمن ، أو مدى حياة الناس بأجمعهم حتى ، قد تكون أقصر من ان يسمح بالعثور عليها .

ولنأخذ مثلاً محسوساً على ذلك . لنفرض اننا نبحث عن قانون يتخذ شكلاً متعدد الحدود[1] ، أي صيغة كالتالية : «٣× س^٣ – ٣,٢ ×س^٢ + س – ٧٦,٥» . ان أسهل قانون ممكن بهذا الشكل هو قانون من المرتبة الاولى حيث ترد «س» في مرتبة القدرة الاولى[2] فقط ، الامر الذي يمكن التعبير عنه بخط مستقيم. ولما كنا نعلم انه بامكاننا رسم خط مستقيم بين اي نقطتين، فان الامر يتطلب ثلاث نقاط على الاقل قبل ان نقتنع بأن قانوننا ذا الخط المستقيم لا يمكن له ان يطبق . ولما كانت دقة المشاهدات الفعلية دقة تقريبية فقط فان الامر يتطلب ، بوجه عام ، عدداً اكثر من النقاط قبل ان تحصل لدينا القناعة بأنْ ليس ثمة خط مستقيم يتوافق مع الوقائع . اما اذا كان قانوننا من المرتبة الألف فانه يلزم لنا أكثر من ألف مشاهدة قبل ان يمكن لنا الوصول

١ – polynomial

٢ – first power

اليه ، واذا نحن أخذنا بعين الاعتبار عنصر عدم الدقة في المشاهدات فان ذلك يلزمنا بما يفوق الالف مشاهدة بكثير . لذلك فاذا كان قانون ما ، حتى قانون بسيط كقانون متعدد الحدود ، من مرتبة جد مرتفعة ، فقد يحتاج العثور عليه الى عدد ضخم من المشاهدات .

وفي اعتقادي ان الفرضية التي يحتاج اليها العالِم حول « تناسق الطبيعة » هي تلك القائلة بأن تجربتنا تمثل تصرف الطبيعة بشكل عام ، أو ، بكلمة اخرى ، ان بامكاننا المعرفة بالطبيعة في وقت قصير نوعاً ما . ويمكن للقول التالي أن يكون مثلاً على فرضية كهذه : « بامكان بني البشر ادراك ماهية القانون الطبيعي خلال عشرة آلاف عام ». وهنالك، بالطبع، صيغ مختلفة لهذه الفرضية . فقد تكون رغبتنا محصورة في معرفة بعض القوانين الجزئية بدلاً من القانون الطبيعي، أو قد نود تحديد فترة أقصر أو اطول من الاعوام العشرة آلاف ، او حتى فترة غير محددة . كذلك يمكن اعتبار فترة كهذه بانها تاريخ بني البشر برمته فوق سطح الارض ، وبدلاً من ان نتعلم القوانين بدقة فانه يمكن لنا أيضاً ان نتطلب معرفة تقريبية بها أو نفترض انه بامكاننا ان نتعلمها بشكل يزداد تقارباً من الدقة بمرور الزمن . الا انه مهما يكن شكل الفرضية الذي نعتمده ، فانها لن تكون حول الطبيعة فقط ، بل انها سترتبط بين تعقيد الطبيعة وطاقة البشر على التفهم . ان عليها ان تكون مفرغة في شكل، يسمح لبني البشر — حيال الطاقة البشرية المحدودة، وتعقيد الطبيعة — بالتعرف الى الطبيعة .

ولربما كان ألبرت أينشتين هو العالِم الذي أدرك بشكل أكثر وضوحاً من غيره الحاجة الى فرضية حول بساطة القوانين . ولقد حدثني أينشتين مرة في الافكار التي رافقت توصله الى النظرية العامة في النسبية فقال انه توصل ، بعد

اعوام طويلة من البحث ، الى معادلة معينة أمكن لها ان تفسر جميع الوقائع المعروفة من جهة ، كما كانت ، من جهة اخرى ، أبسط من أية معـادلة اخرى تستطيع ان تفسر هذه الوقائع نفسها . واذ بلغ اينشتين هذه المرحلة خطرت له الفكرة بأن الخالق لا يمكن ان يتغاضى عن فرصة كهذه لجعل الطبيعة على هذا القدر من البساطة ، لذلك عمد اينشتين الى نشر نظريته وهو تام الاقتناع بأنها على صواب . ولقد دلل النجـاح الرائع الذي لاقته النظرية العـــامة في النسبية على صحة ايمان اينشتين .

والآن وقد سلخنا بعض الوقت في بحث حول الفرضيات التي يرتكز عليها العلم ، فان علينا ان ننظر في آخر العناصر التي يتطلبهـا البحث حول المنهج العلمي ، ذلك انه كان من الواضح ، حتى خلال البحوث السابقة ان العـالم لا يعالج تأكيدات مطلقة ، بل يعالج احتمالات فقط . وهذا هو موضوع بحثنـا التالي .

٤ الاحتمالية

غايتنا الحقيقية في هذا الفصل محاولة الكشف عن كيفية استخدام الاحتمالات في العلم الا ان تفهم هذه النقطة المهمة يستدعي ان نكون على شيء من الدراية بماهية هذه الاحتمالات .

مدرستان فكريتان ونصف لمدرسة

لكن هذا ، بكل اسف ، ليس بالأمر الهين ، ذلك ان «الخبراء» لا يزالون بعيدين عن الاتفاق حول طبيعة الاحتمالات. ولنتفحص بعض حالات تستخدم فيها اقوال تنطوي على احتمالات في الحياة اليومية ، فنفترض اننا سمعنا اناساً يطلقون بعض الاقوال التالية : « هنالك تساو في الاحتمال بأن يكون المولود ذكراً » ، « ان الاحتمال ضد انشطار هذه الذرة خلال الدقيقة التالية هو مليار الى واحد » . « ان الاحتمال ضد الحصول على ستة وستة[1] عند القاء النرد هو سبعة الى اثنين، مع انه يختلف في حالة النرد المغشوش[2]». «سيكون

١ – rolling a natural
٢ – loaded dice

الطقس غداً جميلاً في الاغلب». « انه على الارجح مصيب في هذا » . «أراهن باثنين ضد واحد انه ، بالاستناد الى ما أعلمه ، سوف يتزوج من السمراء » .

من المرجح ان القارىء قد لاحظ أن هنالك بعض الاختلاف بين الاقوال الثلاثة الاولى والثلاثة الاخيرة. وبالرغم من انه يصعب التفريق بدقة بين أوجه الخلاف هذه ، فاننا نجد خلافاً بيّناً بين الخبراء حول هذه الخلافات التي نستشعرها بالبداهة . ولو تحدانا احد لشرح ما نعنيه بالاقوال الثلاثة الاولى فانه بمقدور كل منا ان يتقدم بشرح واضح ، ذلك اننا نعلم ، نتيجة لمشاهدة طويلة ودقيقة، أن نصف المواليد تقريباً يكون من الذكور ونصفهم من الاناث. هذا هو ما نعنيه حين نقول ان ثمة تساوياً في الاحتمال بأن يكون المولود ذكراً. كذلك يمكن لنا ان نستند في قولنا عن الذرات الى تعداد متتابع للذرات المنشطرة كما نستطيع الاستناد في قولنا عن النرد الى ملاحظة عدد الصور المختلفة التي يجيء النرد عليها والاستنتاج بان هذه الصور تتأتى عدداً متساوياً من المرات في المدى الطويل .

اننا ، في هذه الحالات جميعها ، نستطيع اطلاق القول حول ما يحدث في المدى الطويل وحول درجة تكرار بعض الحوادث، الا ان الامر ليس بهذه السهولة بالنسبة للاقوال الثلاثة الأخيرة لانها لا تعود الى ما يحدث بالفعل في العالم — اي لمقدار تكرار حادث معين — بل لمقدار تأكدنا بأن حادثاً ما سوف يقع .

ان الطراز الاول من القول هو فوق مدار الجدل، فقد جرى تحليل كامل لاقوال تنتمي اليه وتستند الى التكرار [١] ، كما نشأ عن هذا التحليل فرع مهم

---

١ — frequency

من الرياضيات يختص بهـذا الطراز من الاقوال . هذا الفرع هو ، بالطبع و نظرية الاحتمالات وهنالك اجماع عام بأن هذه النظرية ترتكز على اسس راسخة، وانها فرع جد مشوق ومتطور من الرياضيات الحديثة، وانها ، كذلك، ذات شأن بالغ في تطبيقاتها . الى هنا نجد الخبراء متفقين .

الا اننا عندما نصل الى الطراز الثاني من القول ، اي الى اقوال تستند الى مبلغ تأكدنا بوقوع حادث ما ، فاننا نجد مدرستين فكريتين تختلفان في الاساس . فالاولى تؤكد بأنه يمكن لهذا الطراز من الاقوال ان يُحلل عن طريق التردّد (التكرار)، بينما تعتقد الاخرى بأن مفهوم الامر ههنا مختلف في جوهره. والسبب في ان عنوان هذه الفقرة هو « مدرستان فكريتان ونصف المدرسة » يعود الى ان ثمة انقساماً في المدرسة الثانية . ذلك لان المنتمين اليها يجمعون على ان للاحتمالية مفهومين مختلفين في الاساس الا انهم يختلفون فيما بينهم حول طبيعة هذا النوع الجديد من الاحتمالية . فكثيرون منهم يعتقدون بأنه يمكن للاحتمالية المتعلقة بمقدار تأكدنا من وقوع حادث معين ان تبلغ من الدقة الدرجة نفسها التي يبلغها المفهوم الاول ، بينما نجد الباقين يعتقدون اعتقاداً راسخاً بأن هذا المفهوم غامض الى درجة يستحيل معها التعبير عنه بدقة . وباستطاعة المرء ان يجد فلاسفة مبرزين من بين الذين ينتمون الى هذه المدارس المختلفة وفروعها . فكان المرحوم هانس رايخنباخ[1] داعية مبرزاً لنظرية التكرار، وكان يؤكد انه يمكن تحليل جميع الاقوال الاحتمالية بواسطتها.اما في المدرسة الاخرى فنجد اسماء اعلام من أمثال برتراند راسل[2] وارنست ناجل[3]

---

١ — Hans Reichenbach

٢ — Bertrand Russell

٣ — Ernst Nagel

ورودولف كارناب[١]. وقد عمد راسل وناجل، في فترات مختلفة ، الى التأكيد بأهمية الاقوال الاحتمالية حول درجات الوثوق بصحة الاشياء ، غير انه يبدو انهما كانا مقتنعين الى حد كبير بأن هذه الاقوال لا تخضع للتحليل الرياضي الدقيق . اما كارناب ، بالمقابل ، فلم يكتف بالاعتقاد بامكان هذا التحليل، بل قام بجهد كبير لوضع أسس فرع جديد في الرياضيات يختص بأقوال كهذه .

ان الاقوال الاحتمالية تلعب ثلاثة أنواع من الادوار حين يدور البحث حول العلم . فالنظريات الاحصائية ، أولاً ، منتشرة في كثير من فروع العلم المختلفة ، وهي نظريات تعتمد كثيراً على الاقوال الاحتمالية . ونجد ، في المقام الثاني ، ان جميع القياسات عرضة للخطأ ، وان نظرية الخطأ تشكل فرعاً من نظرية الاحتمال . وعليه لا يمكن لأي فرع من فروع العلم ان يكون تماماً بمعزل عن نظرية الاحتمال . اما الامر الثالث فهو ان علينا ، حين نؤكد قولاً ما ، ان نحدد له مستوى من قابليته للتصديق ، سواء اذكرناه بوضوح ام لم نذكره . علينا ، ان نلاحظ في ذاتنا على الاقل ، مبلغ استيثاقنا من هذا التأكيد ، وهنا تتدخل نظرية الاحتمال للمرة الثالثة . ان الاستعمال الاخير من بين الاستعمالات الثلاثة يتطلب النوع الثاني من الاقوال الاحتمالية ، وهذا أمر له شأنه الخطير عندما يعمد العالم الى تأكيد نظرية ما . ففي وسع العالم ، طالما انه يتحدث حول نتائج مشاهداته فقط ، ان يكون متأكداً ، عملياً ، بأن أقواله صحيحة . اما الشك بمختلف درجاته فلا يبدو الا في النظريات . وعلينا ان نلاحظ أيضاً ان هذه الاقوال هي أقوالٌ عن النظريات العلمية ولا تشكل جزءاً من النظريات أو التنبؤات العلمية نفسها . ان التطبيقين الاولين للاحتمالات يختلفان عن التطبيق الثالث في كلتا هاتين النقطتين ، ذلك لانهما

١ – Rudolph Carnap

يحتاجان الى أقوال احتمالية من النوع الاول ، أي الى اقوال يمكن تحليلها على اساس التكرار ، وهي جميعاً اقوال من صلب العلم اكثر منها عن موضوع العلم . وعليه فمن الاسهل لنا ان ننظر فيها قبل غيرها وستتمكن من ذلك متى فرغنا من انعام النظر في طبيعة التكرار في مفهوم الاحتمالية. اما الطراز الثالث من التطبيق فسننظر فيه في الفصل السادس ، حين نبحث في تشكيل النظريات في العلم .

مفهوم التكرار

لننظر الآن في أبسط أنواع الاقوال الاحتمالية التي تشتمل على التكرار . لنفرض انني أخرجت قطعة نقود من جيبي وقذفت بها الى اعلى ، فما هو احتمال سقوطها على وجه معيّن من وجهيها ؟ ان الاحتمال ، بالطبع ، هو النصف — كلنا يعلم ذلك . ولكن كم عدد الذين يدركون بالفعل ما يعنيه هذا القول ؟ اننا ، اذا تحدينا الشخص العادي ، فمن المتوقع له ان يجيب بأن ما يعنيه بهذا القول هو انه لو تم القاء هذه النقود الى الاعلى بما يكفي من التكرار، واذا لم تكن هذه النقود مثقلة من احد وجهيها ، فان احتمال سقوطها على احد وجهيها يساوي ، في المدى الطويل ، احتمال سقوطها على الوجه الآخر. هذا ممتع حقاً ، ولكن ما هي فائدته العملية ؟ ان تطبيق هذا الامر يحتاج الى المدى الطويل، كما يتطلب التأكيد، بالنسبة الينا، بأن قطعة النقود سليمة. وحتى لو تم لنا ذلك فاننا لن نعلم عندئذ ما سيحدث الا على وجه التقريب . أي انني اذا قذفت الآن بقطعة نقود ، فما هي المعلومات التي يوفرها لي ذلك عما يحتمل حدوثه خلال الدقائق العشر التالية ؟

ولنطرح هذا السؤال بشكل أكثر تحديداً فنفترض ان قطعة النقود سليمة، اي انها تسقط على وجهها الأسفل باحتمال يبلغ النصف. ما هو احتمال سقوطها على الوجه نفسه مرتين متتاليتين؟ هذا سؤال تستحيل الاجابة عليه اذا اتبعنا النهج المبين في الفقرة السابقة لتفسير القول الاحتمالي ، لأننا نعلم ان احتمال سقوطها على الوجه الاسفل هو ، بحد ذاته ، يبلغ النصف ، الا انــه ليست لدينا أي فكرة اطلاقاً اذا كان احتمال الكرّة الثانية متجهاً الى الوجه الاعلى ام الوجه الاسفل . ولهذا لا يمكن لنا التنبؤ بمبلغ احتمال سقوط قطعة النقود على وجهها الاسفل مرتين على التوالي، مع ان الكل يعلم ان هذا الاحتمال يبلغ الربع . اذن فثمة شيء فُقِد منا خلال عملية التوضيح هذه .

ولنسأل انفسنا ، مرة اخرى، عما نعنيه بالقول ان قطعة النقود تسقط على وجهها الاسفل باحتمال يبلغ النصف . لقد سبق وأشرنا الى «المهم» في الامر ، وهو ان عدد المرات التي تسقط فيها قطعة النقود على وجهها الاسفل في المدى الطويل هو النصف. ولكن هل اغفلنا ذكر شيء ما؟ ألا يمكن لنا ان نذكر شيئاً عن الشكل الذي تسقط القطعة فيه على احد وجهيهـا ؟ افي الوسع ان نقول ان سقوط القطعة على احد وجهيها يتبعه في العادة سقوطهـا على الوجه الآخر، او ان ذلك أقل احتمالاً ؟ أيمكن لنا التنبؤ ما اذا كان الوجهان يتتابعان أو ما اذا كان الوجه الواحد يظهر عدة مرات متلاحقة؟ أيمكن قول أي شيء على الاطلاق حول تتابع هذه الحوادث ؟ الجواب على ذلك كله هو بالنفي ، والجواب هذا ، بحد ذاته ، مهم جداً .

ان هذا القول الذي يبدو سلبياً في الظاهر، والذي مؤداه انه لا يمكن لنا ان نصرح بشيء البتة حول التتابع الذي يظهر به الوجه الاعلى والوجه الاسفل لقطعة النقود ، يُعَبّرُ عنه بقولنا ان هذين الوجهين يظهران « كيفما اتفق» .

واذا حللنا بعناية الوضع المنطقي لميزتي الاقوال الاحتمالية فسنجد القول بأن الوجه الاعلى يظهر نصف عدد المرات هو قول ضعيف جداً . اما القول بأن الوجه الاعلى يظهر كيفما اتفق فهو قول قوي جداً وسيبدو ذلك أقل تناقضاً اذا نحن اعطينا مثلاً محسوساً عليه .

سنثبت اننا اذا اضفنا العشوائية [1] الى القول الضعيف بأن الوجه الاعلى يظهر نصف عدد المرات فان ذلك يجعل احتمال ظهور الوجه الاعلى مرتين متتاليتين يبلغ الربع ، بالرغم من ان ذلك لا يمكن ان يتم دون اللجوء الى افتراض العشوائية . غير انه يتوجب علينا ، توخياً لهذا الامر ، ان نصوغ فرضيتنا في العشوائية في شكل أكثر فائدة .

كل ما قمنا به الى الآن هو اننا صرّحنا ، سلبياً ، بأنه لا يمكن لنا قول أي شيء البتة حول تتابع الحوادث . الا انه يمكن لنا ان نقلب هذا لنصرح ايجابياً بأن أي تنبؤ نقوم به حول الترتيب الذي يتلاحق به ظهور الوجه الاعلى والوجه الاسفل سيكون تنبؤاً خاطئاً . ولا شك ان هذا سوف يذكرنا بتجربة قد يكون مرّ بها أكثرُنا حين حاولنا التكهن بتحركات دولاب الروليت. فلقد كان مدعاة أسف شديد لكثيرين من رواد كازينو مونت كارلو انهم كلما ظنوا ان لديهم وسيلة لا يمكن لها ان تخطىء في التكهن بتحركات ذلك الدولاب الماكر نجد الامر ينتهي بهم الى خسارة مبالغ جسيمة من المال. لقد بقي كازينو مونت كارلو عملية تجارية ناجحة لأنه ليس ثمة وسيلة للتنبؤ بتلاحق الارقام على دولاب الروليت . ان هذه الحقيقة ، أي انه ليس ثمة من نظام مضمون للربح في الروليت أو في لعبة الوجه الاعلى أو الاسفل ، هي

---

١ – Randomness

بالضبط ما نعنيه بقولنا ان الحوادث تقع ، خبط عشواء .

ولننظر الآن في مختلف الاحتمالات المترتبة على القذف بقطعة نقود مرتين متتاليتين. ان سقوطها سيكون على واحد من اربعة اشكال يرمز اليها بالاحرف «ر — ر» (أي الرأس مرتين متعاقبتين) أو « ر—ذ » (أي رأس ثم ذيل) أو « ذ — ر » (أي ذيل ثم رأس) أو « ذ ذ » (أي الذيل مرتين متعاقبتين). ان ما أقول به هو ان هذه الامكانيات متساوية في الاحتمالية، أي ان لكل منها احتمالية تبلغ الربع . ولنفترض الآن ان الامر ليس كذلك وان «ر ذ » أكثر احتمالاً من « ر ر » . ان هذا يعني انه كلما شاهدنا «ر» — أي الوجه الاعلى— فاننا نعلم عندئذ ان الالقاء الذي يلي سوف يجعل احتمال ظهور الوجه الاسفل في المرة التالية أكثر من احتمال ظهور الوجه الاعلى . الا ان هذا يؤدي بنا الى وسيلة مضمونة للربح، وما علينا آنذاك الا ان ننتظر ظهور الوجه الاعلى حتى نبادر الى المراهنة على ظهور الوجه الاسفل في المرة التي تلي ذلك . فاذا فعلنا ذلك لمدة طويلة نكون قد تغلبنا على العنصر السلبي في الاحتمالية وغدونا من الاثرياء . أما وقد أقررنا فرضية العشوائية ، فليس من طريقة مضمونة للربح الاكيد . وعليه ، فان ذلك يثبت ان تتابعاً على شكل « ر — ذ » لا يمكن له ان يكون اكثر احتمالاً من تتابع على شكل «ر — ر». كذلك يمكن لنا ، بالطريقة ذاتها ، ان نبرهن ان جميع الحالات متساوية في الاحتمالية .

وهنا يكمن سرُّ القوة في فرضية العشوائية . فهنالك عدة أنواع من المعلومات التي تمكننا ، فيما لو توفرت لنا ، ان نربح بشكل مستمر . اما اذا لم يكن ثمة منهج مضمون للربح فانه يمكن لنا ان نستنتج بأن ابواب المعلومات هذه ليست مفتوحة امامنا ، كما يمكن لنا ، بالتالي ، ان نستنتج ، في حالات كثيرة ، بأن انواعاً معينة من النتائج متساوية الاحتمال . فاذا قذفنا بقطعة

نقود في الهواء عشر مرات متوالية فان هنالـــك ١٠٢٤ شكلاً للصورة التي يمكن ان يتتابع بها ظهور هذا الوجه او ذاك . وبالاستناد الى استدلال كالاستدلال السابق تماماً ، نجد بان هنالك تساوياً في احتمال النتائج المختلفة . كذلك يمكن لنا ، بتطبيق هذا الطراز من الاستدلال ، ان نرى بأن النتيجة في المرة العاشرة مستقلة تماماً عما حدث في المرات السابقة لها ، اي ان القطعة لو سقطت على وجهها الاسفل تسع مرات متوالية فان هنالك احتمالاً متساوياً بأن تسقط في المرة العاشرة على هذا الوجه او ذاك . وكثيراً ما سمعنا الناس يقولون ، في حالات كهذه ، ان « قانون المُعَدّلات[1] » يجعل سقوطهـــا على وجهها الاعلى اكبر احتمالاً في المرة العاشرة. لكن قانون المعدلات ليس جهازاً واعياً مشابهاً للانسان يحتفظ بسجل دقيقٍ لكل ما يحدث. اننا نخطىء هنا اذ نحاول ، مرة اخرى ، ان نعيد تشكيل الطبيعة على صورتنا . وعلينا ان نستنتج ان عبارة «بحسب قانون المعدلات» هي عبارة غالباً ما يساء استعمالها. فلو تطلب قانون المعدلات في الواقع ان يتبع ظهور الوجه الاسفـــل ظهور الوجه الاعلى تسع مرات متوالية ، فانه يمكن التأكيد بأننـــا كنا نرى الناس عنـــد ذاك وقد قبعوا في كازينو مونت كارلو ينتظرون سلسلة متلاحقـــة من اللون الاحمر في الروليت لكي يربحوا بعدها مبالغ كبيرة من المال بالمراهنة على اللون الاسود . ان كازينو مونت كارلو لا يزال بفضـــل العشوائيـــة عملية تجارية رابحة .

ان المثل الذي ضربته قد اقتصر ، الى الآن ، على البيان بأنه يمكن لنا ، من فرضية واحدة حول احتمال سقوط قطعة النقود على وجهها الاسفل ، ان نقول الكثير حول تساوي الاحتمالية بالنسبة لامكانيات معينة . اما اذا اردنا

---

١ — Law of averages

القول بأن بعض الحوادث ذات احتمالية أكثر من غيرها فانه يمكن ذلك بالجمع بين امكانيات مختلفة . ولنعد الى قطعة النقود التي ألقينا بها في الهواء عشر مرات ونسأل أنفسنا : أيهما اكثر احتمالاً. ان تسقط على وجهها الاسفل خمس مرات وعلى وجهها الاعلى خمس مرات اخرى او ان تسقط على وجهها الاسفل عشر مرات متوالية. الجواب ان الامكانية الاولى اكثر احتمالاً بكثير. وهذا القول لا يتنافى مع ما ورد في الفقرة السابقة ، بل هو في الواقع ناتج عنه . ومع انه صحيح بأن تتابعاً ما متساوٍ في الاحتمال مع اي تتابع آخر ، لكن علينا الا ننسى بأن هنالك طريقة واحدة لسقوط قطعة النقود على وجهها الاسفل عشر مرات متوالية بينما هنالك عدد كبير من الوسائل للحصول على خمس مرات على هذا الوجه وخمس مرات على ذاك ، وهنالك بالفعل ٢٥٢ شكلاً لذلك ، ولما كان كل واحد من هذه الاشكال متساوياً في الاحتمالية كالحصول على الوجه نفسه عشر مرات متوالية فان احتمال الحصول على الوجه الواحد خمس مرات يساوي ٢٥٢ مرة احتمال الحصول عشر مرات على الوجه الواحد .

وحتى الاحتمالات المتطرفة يمكن تهيئتها بخلط الامكانيات بعضها مع بعض. فاذا نحن القينا بقطعة النقود الف مرة وسجلنا عدد المرات التي تسقط فيها على كل من وجهيها فانه يمكن لنا التكهن ، باحتمال ساحق ، بل بما يكاد يكون تأكيداً ، بأن سقوطها على احد وجهيها يتراوح من اربعماية مرة الى ستماية . والسبب في ذلك يعود الى اننا لو دوّنا جميع الامكانيات التي يمكن ان تنتج عن القاء قطعة النقود الف مرة فاننا سنجد ان اكثر هذه الامكانيات يشتمل على ما يتراوح بين اربعماية مرة وستماية .

ان هذا المفهوم للتأكيد العملي يلعب دوراً اساسياً في المنهج العلمي . ولما

كنا قد أشرنا سابقاً الى انه لا يمكن لأي فرع من العلوم ان يظل بمعزل تام عن نظرية الاحتمالية فانه يتوجب علينا الآن ان نسأل عن الكيفية التي يمكن لنا بواسطتها ان نختبر صحة تنبؤاتنا . فاذا لم تزد هذه عن كونها تنبؤات احتمالات، فانه لن يمكن لنا البتة ان نجزم بنتيجة معينة ما وهل هي بالفعل ما قد تنبأنا به او لا . لنفرض اننا تنبأنا بان قطعة النقود سوف تسقط على وجهها الاسفل باحتمال قدره ٥٧٨ ، ثم حدث ذلك بالفعل . هل يطابق هذا الحادث ما تنبأنا به ام يخالفه ؟ هذا السؤال ، بالطبع ، لا معنى له ، لأنه لا يمكن لنا البتة ان نبرهن على خطأ نبوءتنا اذا اتخذت شكلاً احتمالياً . هنا يأتي التأكيد العملي ليمد لنا يد العون ، فاذا استطعنا ان نتنبأ بان حادثاً ما سوف يقع باحتمال كبير لدرجة نكون معها متأكدين عملياً من وقوعه ، فاننا سوف نقبل عدم وقوعه كدليل قاطع على اننا ضللنا السبيل في مكان ما .

وتؤدي نظرية الاحتمالية الى نتيجة رياضية اضافية على جانب كبير من عظم الشأن . فنحن نجد اننا لا نستطيع ان نستخلص التأكيد العملي من الاحتمالات المتساوية فحسب ، بل نستطيع التوصل الى مبلغ الدقة الذي نريده بازدياد عدد الحوادث التي ذكرناها . فيمكن لنا ، مثلاً ، في حال القاء قطعة النقود المعدنية ، ألا نكتفي بالقول ان مبلغ التأكيد العملي لسقوطها على وجهها الاسفل يتراوح بين ٤٠ و٦٠ بالمئة اذا القينا بها الف مرة ، بل ان نؤكد بأن تنبؤاتنا عن طريقة سقوطها تزداد دقة اذا القينا بها اكثر من الف مرة . وكلما ارتفع عدد المرات امكن لنا ان نخفض نسبة الخطأ الذي نسمح به لأنفسنا بالقدر الذي نريد . وسوف يجري تفسير هذا في المقطع الذي يلي:

لنحاول ان نضع أنفسنا في مكان عالم قام بعدد كبير من التجـارب وهو يبحث الآن عن قانون يعبر بواسطته عن الحوادث التي درسها . انـــه يقوم بتجربة عدد كبير من القوانين التي تبدو ملائمة ويتفحص بامعان مدى مطابقة كل منها لتجاربه . الا انه مهما طالت محاولته ومهما بلغت عنايته في البحث فانه يجد بأن ليس ثمة قانون يطابق التجربة . وهنا نراه وكأنه غـــدا على استعداد للتخلي عن جهـد لا أمل منه . الا ان الفكرة قـد تأتيه ، قبل ان يفعل ذلك ، بأن يفعل عكس ما فعل ، فبدلاً من محاولة البحث عن قـانون يطابق تجاربه نراه يحاول الافتراض بأن ليس ثمة قانون كهذا ، وان الحوادث انما تقع بشكل اعتباطي. فاذا نجح افتراضه فسوف يتوصل الى نظرية تستند الى الاحتمالات ، اي انه يكون قد شكل ما يدعى قانوناً احصائياً ، او مـا يصح له ، بالاحرى ، ان يسمى قانوناً احتمالياً . وبكلمة اخرى ، فان القوانين الاحصائية تدخل الى العلم حين تخفق جميـع الوسائل العادية او عندما نضطر للاعتراف بجهلنا الكامل . وفي هذه الحال نحاول ان نجعل من قصورنا فضيلة وان نحول جهلنا الى ادعاء بوجود « الفوضى الكاملة » ، وعندها نشعر بأننـا غدونا احراراً لكي نطبق النظرية الرياضية الفعالة في الاحتمالية بكاملها .

وبامكان القارىء النابه ان يكشف عن تناقض اقترفته ههنا فانا اصرح ، من جهة ، ان الحادث الواحد لا يطيـع اي قانون ولكنني ، من جهة اخرى ، أبذل جهداً كبيراً في الفصل الثاني لأدلل بأن هـذه الامكانية لا وجود لهـا لأنها تناقض نفسها بنفسها . ان ما عنيته بالتأكيد هو انه ليس ثمة قـــانون يمكن صياغته في لغة بشرية يستطيـع وصف الحوادث بشكل صحيح . هـذا

هو جوهر التعريف المقبول به الآن للعشوائية ، والذي يعود الفضل فيه الى الونزو تشيرش[1]، عالم منطق الرياضيات الامريكي .

وسأختار مثلاً من صميم الواقع لبيان طبيعة القوانين الاحصائية . والمثل الذي أفكر فيه هو تلاشي معدن الاورانيوم العادي كما نجده في الطبيعة. نحن نعلم ان الاورانيوم يتلاشى ببطء اذا ترك وشأنه . الا ان هذه العملية تتم ببطء شديد لدرجة ان الامر يتطلب حوالي مليار سنة قبل ان يتفكك منه قدر ملحوظ (هذه هي الخاصة التي استخدمت في تحديد عمر بعض من أقدم الصخور) واذا نحن اخذنا ليبرة[2] من الاورانيوم فاننا نعلم على وجه التقريب عدد الذرات التي تحتويها ومقدار الذرات التي سوف تتلاشى خلال العام الواحد، الا اننا لسنا نعلم بتاتاً اي ذرات بالذات سوف تتلاشى في لحظة معينة، وهل ستنشطر ذرة معينة بعد جزء من مليون من الثانية او انه سيقدر لها ان تبقى مليارات السنين . لا شك ان هنالك قانوناً يتحكم في الترتيب الذي تتفكك بموجبه ذرات الاورانيوم في مادة معينة ، الا اننا نجهل هذا القانون جهلاً تاماً . وفي هذه الحال نجد ان خير بديل لنا هو ان نفترض « الفوضى الكاملة » اي ان نقول بأن الذرات التي تنشطر انما يجري انتقاؤها بشكل عشوائي .

ونستطيع الآن ان نقوم بتطبيق العبرة التي تعلمناها من دراسة القذف بقطع النقود المعدنية . فاذا كانت هذه عملية عشوائية ، واذا كنا ندري مبلغ الاحتمال لانشطار ذرة ما خلال الثانية القادمة ، فانه يجب ان نستطيع التنبؤ ، بشكل تقريبي ، بعدد الذرات التي تنشطر في الثانية الواحدة ، تماماً

---

١ – Alonzo Church

٢ – pound ، أي حوالي ٤٥٠ غراماً . – المترجم

كما تنبأنا بأننا سوف نرى قطعة النقود تسقط على وجهها الاسفل خمسماية مرة تقريباً في كل الف مرة تقذف بها . وعلى هذا الاساس يبدو ان عدد الذرات التي تنشطر في الثانية الواحدة يبلغ مرتبة خمسة ملايين ذرة (وبامكاننا ان نعين هذا الرقم بدقة اكثر) . غير اننا نعلم ايضاً انه لا يمكن لنا ، في عملية عشوائية، ان نتنبأ بالضبط بعدد الذرات التي تتفكك، تماماً كما لم نكن نستطيع التأكيد ، في حال قطعة النقود المعدنية، بأكثر من ان عدد المرات التي سوف تسقط فيها على وجهها الاسفل يتراوح بين اربعماية وستماية مرة في كل الف مرة. الا اننا نواجه ههنا اعداداً اضخم بكثير ولا تستطيع ، على الرغم من ذلك ، التنبؤ ولا بشكل تقريبي حتى ، عن عدد الذرات بالضبط ، ذلك انه مهما كانت نبوءتنا فانه يمكن لنا ان نخطىء التقدير في عدة آلاف من الذرات ، لكننا نكون متأكدين ، عملياً ، ان العدد الذي نتنبأ به لن يكون خاطئاً بأكثر من ١ ٪ ، وهو ما يجدر ان يكون جد مقبول بالنسبة لأي تطبيق عملي.

ان القانون المفتاح للاحتمالية الوارد ههنا، والمسمى بقانون الاعداد الكبرى، قانون سهل نوعاً ما على الفهم . لنفرض اننا نود التأكد من نبوءتنا بنسبة ٩٩ بالمئة . هذا يعني انه يتوجب علينا ان نترك مجالاً للخطأ . وسوف يعتمد هذا المجال على عدد الحوادث التي نتصل بها . وكلما ارتفع عدد الحوادث ازداد مدى هذا المجال ، غير ان مداه النسبي (اي النسبة المئوية التي يحتوي عليها) تأخذ بالتناقص بشكل مستمر . فنحن نحتاج ، اذا القينا بقطعة النقود مئة مرة ، الى مجال خطأ يبلغ حوالي ١٥ ، واذا القينا بها الف مرة فان المجال يغدو ٥٠ ، كما يغدو ١٥٠ اذا القينا بها عشرة آلاف مرة . غير ان المدى النسبي لهذا المجال يتناقص من ١٥ بالمئة الى ٥ بالمئة واخيراً الى ١٫٥٠ بالمئة (والنسب هنا تقريبية) . اما في حال الاورانيوم فاننا نجد انفسنا امام الف

مليار تريليون[1] من الذرات . ومع ان العدد الذي ينشطر منها في الثـــانية الواحدة عدد تافه نسبياً، الا انه يبلغ في الواقع عدة ملايين من الذرات. فاذا كان مجال الخطأ لا يتعدى حوالي سبعة آلاف ذرة، فان هذا العدد يمثل جزءاً من واحد بالمئة من مجموع الذرات التي تنبأنا بانشطارها .

هذا المثل يعطي صورة نموذجية عن القوانين الاحصائية . اننـا نلجأ الى افتراض العشوائية حين تخفق وسائلنا الاخرى، واذا نحن اعطينا عدداً كافياً من الحوادث لنطبق عليها نظريتنا فانه يمكن لنا ان نتنبأ بنتائج صحيحة بالتأكيد من الوجهة العملية . واذا وجدنا ان الخبرة لا تدعم نبوءاتنا فانه يمكن لنـا ان نتأكد عملياً بان نظريتنا كانت خاطئة. ومع ان هذه الحال ليست مرضية بقدر نظرية دقيقة ، حين يكون كل شيء اما ابيض او اسود ، فانـنـا نحظى هنا على الاقل بتدرجات لطيفة من التفاوت بين الاسود والابيض — وهذا ما يتساوى عملياً مع النظرية .

والواقع ان القوانين التي بحثت الى الآن تستند الى اسهل نماذج الفرضيات الاحتمالية . ذلك ان الفروع الحديثة من نظرية الاحتمالية ، كنظرية تسلسلات ماركوف[2]، تمكن من اللجوء الى افتراضات الطف وادق . فيمكن لنـا ان نفترض ، مثلاً ، بان غازاً ما يجب ان يكون في واحد من عـــدد كبير من الحالات ، وان احتمال كونه في حـــال معين يعتمد على الحال الذي كان عليـه اخيراً . وهـــذا يؤدي الى تسلسل مـــاركوف ، حيث يمكن التنبؤ بتصرف

---

١ — اي الرقم ١٠ متبوعاً بثلاثة وعشرين صفراً ، او 10^{24} . — المترجم
٢ — theory of Markov chains

الغاز في المدى البعيد . فنستطيع ، مثلاً ، ان نتنبأ بدقة كبيرة بمتوسط عدد المرات التي يكون الغاز فيها على كل من هذه الحالات .

نظرية الاخطاء

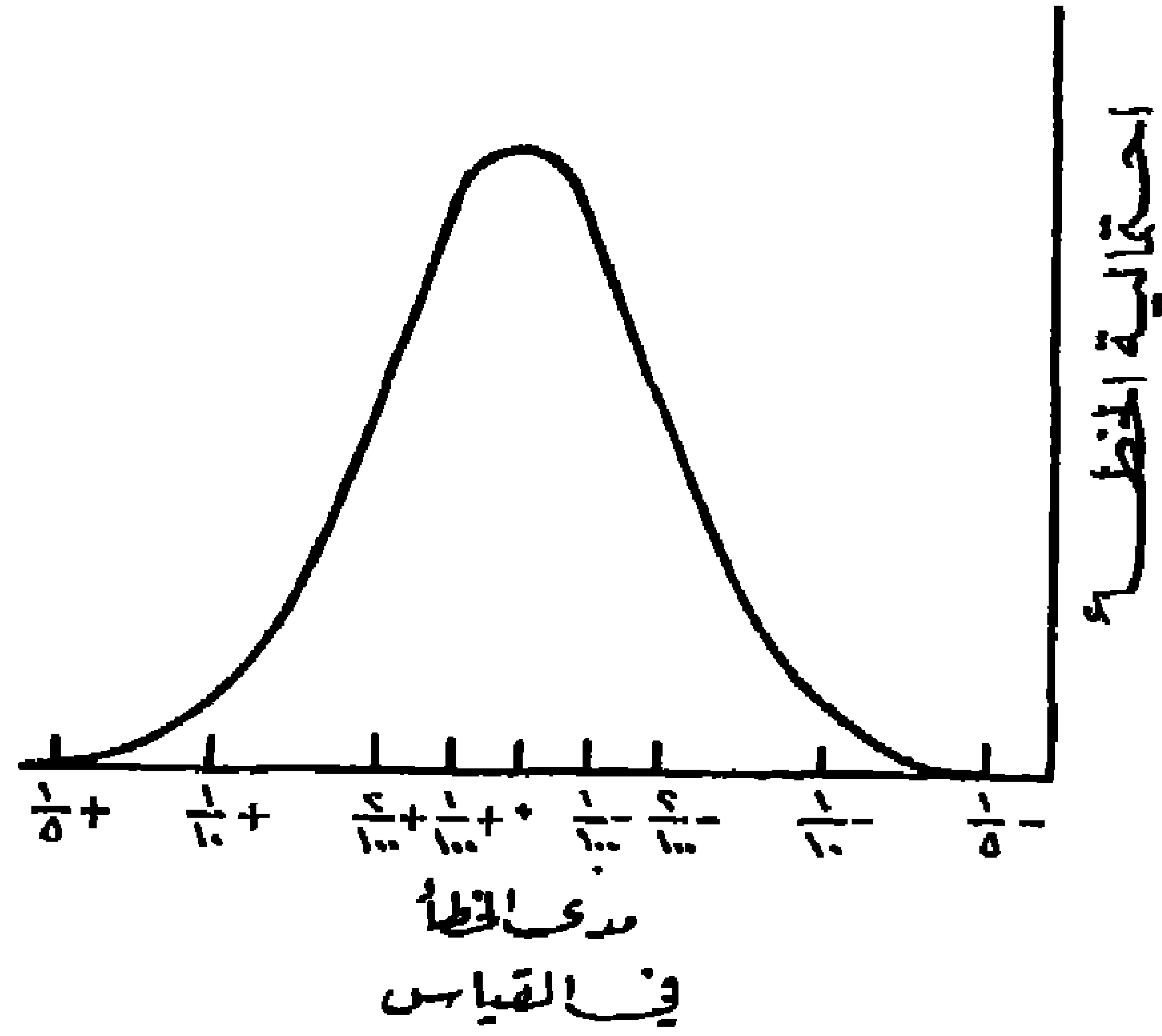
ان المصدر الثاني للاقوال الاحتمالية في العلم يتأتى من الخطأ في القياس . ولقد ميّزنا في المقطع السابق بين القوانين الاحصائية — اي القوانين المشتملة على اقوال احتمالية — والقوانين المضبوطة . ولا يظنن احد ان استعمالنا للقوانين المضبوطة يجعلنا بمعزل عن الاقوال الاحتمالية . فالواقع ، كما اسلفنا ، هو انه ليس ثمة فرع من فروع العلم يخلو تماماً منها .

وقد يكون من الخير لو بدأنا بنظرية مضبوطة ، الا ان النظريات لا فائدة منها الا اذا ارتبطت بالتجربة . وعلينا ، اذا اردنا ربط النظرية بالتجربة ، ان نوفر لانفسنا بعض معلومات اولية ، كما ان علينا ان نستخلص بعض الاستنتاجات ، ولكن بشكل نبوءات . وبالرغم من ان النظرية قد تكون مضبوطة ، فان احتكاكنا بالخبرة هو دائماً عرضة للخطأ . ولما كانت هذه الاحتكاكات تتأتى قبل تطبيق النظرية وبعده فان هذا يفسح المجال لايراد مصدرين للاقوال الاحتمالية .

لنفرض ان تماسّنا بالخبرة يتخذ شكل قياس الاطوال بواسطة عصا طولها ياردة واحدة ، وان هذه العصا مقسمة الى وحدات تبلغ كل واحدة ١/١٦ من البوصة . فاذا كنا حريصين على كيفية القياس بهذه العصا ، ولم نكن نستعملها كثيراً ، يمكن لنا ان نكون متأكدين من ان القياس الذي نتوصل

اليه صحيح في حدود ٨/١ من البوصة . ولكن نستطيع ان نكون متأكدين ايضاً اننا اخطأنا القيـــاس بجزء من مئة من البوصة على أقـل تقدير . واذا نحن أردنا ان نكون أكثر دقة ، فاننا نقول بان الاخطــاء بمقدار واحد على مئة من البوصة، أو اثنين او ثلاثة بالمئة، أخطاءٌ كثيرة الاحتمال. اما الاخطاء الأكبر مقداراً فانها تغدو أقـل احتمالاً الى ان يمكن لنا التأكد ، في نهـــاية المطاف ، باننا لن نقع في خطــأ كبير لدرجة ٨/١ من البوصة . وتمثـل هذه الحـالة بالخط المنحني الشائع الذي يشبه النـــاقوس (كما هو مبين في الرسم) وبينما تنطبق الأرقام الواردة هنا على حالة معينة فقط ، فان شكل هذا الخط المنحني والحقائق التي يمثلها تعتبر اموراً نموذجية لما يعترضنا حين نقوم بالقياس. والسبب الذي يجعلنا نعرف بانها نموذجية يعود الى ان نظرية الاخطاء تشكل فرعاً من نظرية الاحتمال ويمكن لها ، بالتالي ، ان تحلل رياضياً بشكل دقيق. وعندما يتم ذلك نجد ان التحليـل الذي قمنا به في المقطع السابق ينطبق على هذه الحال ايضاً . فاذا تبدى لنا ان فرضيتنا صحيحـة بالضبط ، فليس لنا الا ان نعزو ذلك الى محض الحظ ، تماماً كما نعتبرها مصادفـة بحتة ان تسقط قطعة النقود المعدنية بالضبط خمسمائة مرة على وجهها الأسفل اذا ألقينا بها الف مرة . اذن فيمكن التأكيد بان ثمة خطأ صغيراً ، كما يمكن التأكيد ايضـاً بان هذا الخطأ لن يكون كبيراً .

ولنحاول ان نطبق كل هذا على مشكلة محلية فنفترض ان علينا ان نطلق احد المدافع بزاوية قدرها ٤٠ درجة . ولنفترض ، تبسيطـــاً للامور ، اننا نعرف بالضبط سرعة انطلاق القذيفة وان علينا ان نحدد المكان الذي سوف تسقط فيه. ويمكن لنا القول، اذا عمدنا الى المزيد من التبسيط، ان المعلومات الاولية في هذا الصدد انما تحددها زاوية ارتفاع المدفع . اما التحقق من هذا



الامر في الطرف الآخر فهو عبارة عن قياس المسافة بين موقع الاطلاق وموقع الاصابة . الا ان هذين القياسين عرضة للخطأ . واذا نحن اقتصرنا على قياس الاطوال المتعلقة بالمسافة التي قطعتها القذيفة ، فقد يغرينا الامر فنقول بانه من السهل قياس هذه المسافة بدقة لا تقل عن ١٦/١ من البوصة . انه عمل لا يخلو من جهد ولكننا ، اذا صممنا على القيام به، نستطيع ان نمد حبلاً لنتأكد من اننا نقيس خطاً مستقيماً ثم نلجأ الى الياردة ننقلها بكل عناية فوق الحبل مرة تلو المرة . كذلك يمكن لنا ان نستعمل وسيلة للقياس تكون أكثر دقة. غير ان هذا كله هو نصف المشكلة، ذلك لاننا لا نستطيع التأكيد بان زاوية ارتفاع المدفع كانت ٤٠ درجة بالضبط . اذن فنحن امام صعوبات جديدة ، ذلك ان فرق درجة واحدة في زاوية الارتفاع قد يكون أمراً تافهاً بالنسبة الى كتلة المدفع الكبيرة ، الا انه يسبب خطأ يبلغ عشرة اقدام في تكهننا بالموقع الذي يجب ان تسقط القذيفة فيه . وطريقتنا في الوصول الى هذا الرقم هي مزيج من النظرية والمعلومات الأولية . فاذا كنا نعلم ان قياس زاوية الارتفاع عرضة للخطأ يبلغ درجة واحدة في أقصاه فاننا نستطيع

القول بان زاوية الارتفاع هذه تقع بين ٣٩ درجة و ٤١ درجـة . وعلى هذا الاساس يمكن لنا ان نستند الى النظرية المتعلقة بزوايا الارتفـاع هذه لحساب سقوط القذيفة بالضبط بالنسبة الى حدود الخطأ في زاوية الارتفاع . وعندما نستطيع التكهن بان القذيفة ستسقط في مكان ما بين الحدين .

وبالطبع ، فليس ثمة تجربة فعلية بهذا القدر من البساطة . لقد كان علينا الافتراض باننا نعرف سرعة انطلاق القذيفة بالدقة التي نريدها. كذلك تجاهلنا الرياح ومقاومـة الهواء ، وكلاهما عنصر مهم يمكن ان يؤدي الى اخطـاء تقديراتنا بمسافة عدة ياردات. لذلك فقد يكون القول الوحيد الذي نستطيع التأكيد به عملياً هو ان القذيفة ستسقط ضمن مسافـة مائة ياردة من المكان الذي قدرنا لها ان تسقط فيه . واذا نحن حللنا تقديرنا الاخير هذا بامعـان فسنجد انه سيتخذ شكل منحني يشبه الناقوس وتكون أعلى نقطة فيه بالقرب من موقع السقوط المقدر ، الامر الذي يشير الى اننـا على شبه اليقين باصابـة الجوار القريب لتلك النقطة ، وان لم يكن للنقطة نفسها ، كما اننا متأكدون عملياً من ان الاصابة لن تبعد عنها بأكثر من مائة ياردة .

نجد انفسنا الآن في موقف غريب، ذلك انه بالرغم من الفروقات الكبيرة بين القوانين الدقيقة والقوانين الاحصائية ، فان هـذين النوعين من القوانين يتخذان الشكل نفسه فيما يعود الى التقديرات العملية ، ذلك لأن على هـذه التقديرات ، في الحالين ، ان تكون على شكل اقوال احتمالية . كذلك نجـد اننا نستطيع ، في الحالتين المشار اليهما ، ان نعيّن قيمة او رقماً تجيء النتيجة الفعلية قريبة منه ، غير انه يتوجب علينـا ان نفسح المجال لانحراف بسيط عنه ، كما قد يتطلب الامر احياناً قليلة ان نفسح المجال لانحرافات ملحوظـة كذلك .

لقد كانت هذه الصورة تحمل في طياتها بعض العزاء بالنسبة للفيزياء الكلاسيكية ، اي فيزياء ما قبل عام ١٩٠٠ . فمع ان الفيزيائي كان مجبراً على الاعتراف بان تكهناته لا يمكن ان تكون محكمة ، الا انه كان يجد بعض العزاء في اعتقاده بانه يستطيع الاقتراب من الاحكام بالقدر الذي يريد (وهذا يشبه الاقتراب المتزايد من قيمة الجذر المربع للرقم «٢» الذي جرى البحث فيه في الفصل الثالث).اما في الفيزياء الحديثة فقد سُلبنا حتى هذا العزاء. ذلك لأننا نعلم، بالاستناد الى مبدأ هايزنبرج المشهور، ان هنالك حداً للدقة التي يمكن لنا ان نجمع بها معلوماتنا . فاذا نحن عمدنا ، مثلاً ، الى قياس سرعة كهيرب ما باقصى دقة ممكنة ، اي في حدود خطأ قدره ١٠ بالمئة ، فان تقديرنا لمكانه في اية لحظة سيكون على خطأ كبير ، ذلك ان الخطأ في تقدير الموقع ، بالرغم من كونه ضئيلاً ، يبلغ قدراً كبيراً من الضخامة بالنسبة لحجم الكهيرب حتى ليمكن مقارنته بخطأ في قياسات الانسان يبلغ حوالي الميل الواحد . وليس ثمة وسيلة ، بحسب مبدأ هايزنبرج[1] لرأب هذا الصدع ، كما ان المبدأ نفسه امر تدعمه تجارب عديدة . وعليه نجد انفسنا محمولين على الاستنتاج بأن ثمة حداً للدقة التي يمكن لنا التكهن بها ، وذلك دون اعتبار النظرية التي تكون موضوع البحث .

نتوصل ههنا الى صورة بالغة التعقيد في مقابلة التكهنات النظرية بنتائج الخبرة . فعندما ننشر نظرية علمية جديدة نجد قليلي الصبر من قراء الصحف يتوقعون ان تحمل عناوين الغد ما يشير الى نتيجة مقابلة النظرية بالواقع . واذا بلغ به الصبر حدّ السماح ببعض الوقت لتهيئة اختبار ما لهذه النظرية ،

---

١ — the Heisenberg Principle

فانه يتوقع اعلان نتيجة حاسمة لها حال الفراغ من القيـام بذلك الاختبار . ان الموقف ليس البتة بهذا القدر من البساطة .

وخير تشبيه نلجأ اليه في هذا الصدد هو ان نعمد الى مقارنـــة اختبارنا لنظرية علمية بضبط دولاب الروليت . لقد قمنـا ، في النظرية العلميـــة ، بالتكهن بنتيجة قياس معيّن وكان علينا ان نتسامح في حدوث خطأ لا يتعدى مقداراً معلوماً واحتمالات معينة ، كما يستدل على ذلك من شكل الخط المنحني الذي يشبه الناقوس . أما في دولاب الروليت فاننا نتكهن بان كل رقم عليه سوف يظهر بتردد معيّن وان كل رقم سيظهر بشكـل عشوائي . فاذا أردنا التحقق من التكهن الأخير وجب علينا ان نجمع عدداً ضخمـاً من المعلومات ونحسب بعناية الفروقات التي نشاهدها وهل هي ضمن التفاوتات المتوقعـة ، أي بكلمة اخرى ، هل كانت النتيجـــة التي نتكهن بها على قدر معقول من الاحتمالية . ان كل من اتيحت له زيارة كازينو كبير ككازينو مونت كارلو لا بد قد عثر باشخـاص عديدين يجلسون حول طـاولة الروليت ولا هم لهم الا التثبت من صحة الافتراض العلمي بان دولاب الروليت هو بالفعـل دولاب عادل . ان الكثيرين من المقامرين قد ندموا ولا بد ، من انهـم قفزوا الى استنتاج حول هذا الموضوع على اساس خبرة لا تزيد على بضعة أيام .

ما هي التجربة التي يمكن للمرء قبولها على انها حاسمة ؟ من المحقق ان ظهور تلاحق في رقم ما لا يعد تجربة حاسمة ، لاننا نعلم ، استناداً الى نظرية الاحتمال ، انه يجب علينا ان نتوقع تلاحقات مختلفـة الاطوال اذا انتظرنا بما فيه الكفاية. والسؤال الآن هو حول تردد هذه التلاحقات وعن مدى انطباقها على الشكل العام لما قد جرى . وقد وضعت الوسائـل للتحقق من هذا الامر

في علم الاحصاء الحديث . الا انها وسائل صعبة التطبيق يستحيل تلخيصها في مجال قصير .

ويمكن لنا القول ، تشبهاً بالمثل اعلاه ، انه يتوجب علينا ، اذا أردنا التحقق من فرضية علمية ، ان نتسلح بطول الاناة وان نجمع مقداراً واسعاً من المعلومات المبنية على المشاهدة . واذا لم يتمكن مقدار قليل من المعلومات ان يدحض فرضية ما بشكل حاسم فان هذا لا يسمح لنا ان نستنتج باننا قد عثرنا على نظرية علمية صحيحة. كذلك فليس لنتيجة تبدو بعيدة الاحتمال ان تخيب أملنا الا بعد ان نتوصل اليها بعد اعادة التجربة عدة مرات . ان ظهور الأرقام الحمراء عشرين مرة متوالية لا يشكل برهاناً على ان دولاب الروليت في مونت كارلو قد اصيب بعطب. الا ان حصول ذلك عشر مرات في ليلة واحدة سيجعل الادارة تستبدل ذلك الدولاب دون أي شك . اننا لا نستطيع الوثوق بنظريتنا الا اذا جاءت نتائج التجارب مطابقة لها المرة بعد المرة — أي نتائج قريبة الاحتمال بالنسبة اليها . كما اننا لا نبدأ البحث عن موطن الخطأ فيما ندّعيه الا حين تقع حوادث بعيدة الاحتمال جداً .

الخلاف الاكبر

ولنحاول الآن تطبيق هذا فننظر فيما هو دون شك، اكبر مدعاة للخلاف في الفيزياء الحديثة . والخلاف هنا في الواقع هو خلاف في صلب العلم وليس خلافاً حول العلم ، لذلك فلا مكان له في هذا الكتاب بحق . غير انه تطبيق مباشر للمبادىء التي جرى بحثها لغاية الآن وبشكل يبيح ان اقول بضع كلمات في موضوعه .

ان أحدث فروع الفيزياء الحديثة ، وأشهرها في الاغلب ، هو نظرية الكَمّ[1] والنظرية هذه نظرية احصائية . لقد سبق لبعض علمائنا المبرزين ان لاحظوا بأن في تاريخ العلم بضع حالات بدأت فيها نظرية ما ، كنظرية احصائية وانتهى بها الأمر ان استبدلت بنظريات دقيقة . ولسنا نجد في هذا الامر ما يدعو الى العجب اذا استندنا الى تحليلنا لطبيعة النظريات الاحصائية. فاذا نشأت النظرية الاحصائية في حالات عدة لاننا لم نتمكن وقتئذ من العثور على قانون دقيق ، فانه من الطبيعي جداً ، اذا ما وجدنا فيما بعد ان ثمة قانوناً كهذا بالفعل ، ان نعمد لاستبدال نظريتنا الاحصائية بقانون دقيق، والخلاف الذي نحن بصدده يدور حول نظرية الكم . وهل ينتظرها ابداً مصير كهذا المصير ؟

نحن نعلم بالطبع انه يجب ان يكون هنالك قانون دقيق ، ولكن السؤال الذي يتبادر الى الذهن ، هو هل القانون الدقيق الذي يمكن له ان يحل محل نظرية الكم قابل للتعبير عنه بواسطة لغة بشرية ما . فاذا كان الجواب نفياً فان افتراضنا للعشوائية يجد له ما يبرره تماماً . والواقع ان نظرية الكم هي أقصى ما يمكن قوله في مجال الميكروفيزياء . اذن فالقضية قضية الطاقة البشرية على التعبير عن القوانين المعقدة . الا ان الخلافات — وهي كثيرة وعنيفة — لم تكن حول هذا الامر بالذات . ونحن نجد الغالبية الساحقة من علماء الفيزياء المعاصرين ، وعلى رأسهم عالم مثل نيلس بور[2] ، يقولون بان مبدأ هايزنبرج يشير ، بشكل ما ، الى استحالة وجود النظرية الدقيقة . وكما رأينا آنفاً ، فان هذا المبدأ يقول باستحالة تجميع المعلومات الاولية والتحقق من

---

١ — Quantum Theory

٢ — Niels Bohr

أي تكهن بدقة اكثر من حدود معينة . وقد توصــل علماء الفيزياء ، استناداً الى ذلك ، الى القول باستحالة النظرية الدقيقة . وليس يعود الى الفيلسوف في هذا الصدد ان يخمّن أهذا الاستنتاج صحيح ام لا ، الا انه يجب التنويه بانه (أي الاستنتاج) لا يستدل عليه منطقياً من مبدأ هايزنبرج .

ومن الامور التي تدعو للاهتمام ان نلاحظ بأن المعسكر المضــاد يشتمل ، بالرغم من قلته ، على عدد من أعــاظم الفيزيائيين في القرن العشرين ، الذين أسدى بعضهم أكبر الخدمات في سبيــل تطوير نظرية الكم . ولقد ضم هذا المعسكر في السنين الأخيرة رجالاً أمثال أينشتين وبلانــك وشرودينجر ، الذين أكدوا ،بشكل أو بآخر، انه بالرغم من اعتبارهم ان نظرية الكم تشكل انجازاً عظيماً للمعرفة البشرية ، فانها سوف تحل محلها في النهاية نظرية دقيقة عامة في الميكروفيزياء . ولا بدّ لي في هذا المقام ان اؤكد بأني لست احاول فض مشكلة علمية على اساس الذين يدافعون عن هذا الجــانب او ذاك ، ذلك لان الحكم على الامور العلمية لا يكون بتاتاً عن طريق غالبية الأصوات . الا انه على جانب مماثل من عظم الشأن ايضاً ان نشير الى ان المسائــل العلمية لا تحلها الأقوال المسلم بها مسبقاً سواء اجاءت هذه عن طريق الفلاسفة او العلماء. فالامر هنا أمر علمي بحت وعليه ان ينتظر ما يجيء به العلم من تطورات .

القسم الثاني

في العلم

٥ المنهج العلمي

بحثنا في الفصول الاربعة السابقة في الامور الاولية : اي فيما تجب معرفته قبل ان يتاح لنا تفهم العلم . اما الآن فنحن على استعداد لتوجيه اهتمامنا الى دراسة موضوعنا بالذات — اي طبيعة العلم . ولما كان المنهج العلمي هو اكثر ما يميّز العلم عن غيره ، فسيكون اول موضوع نتجه الى دراسته. وسأعتمد، مبدأ ، ان هنالك منهجاً اساسياً مشتركاً واحداً للعلم بأجمعه ، كما سأحاول ان أبيّن ماهية هذا المنهج بالضبط .

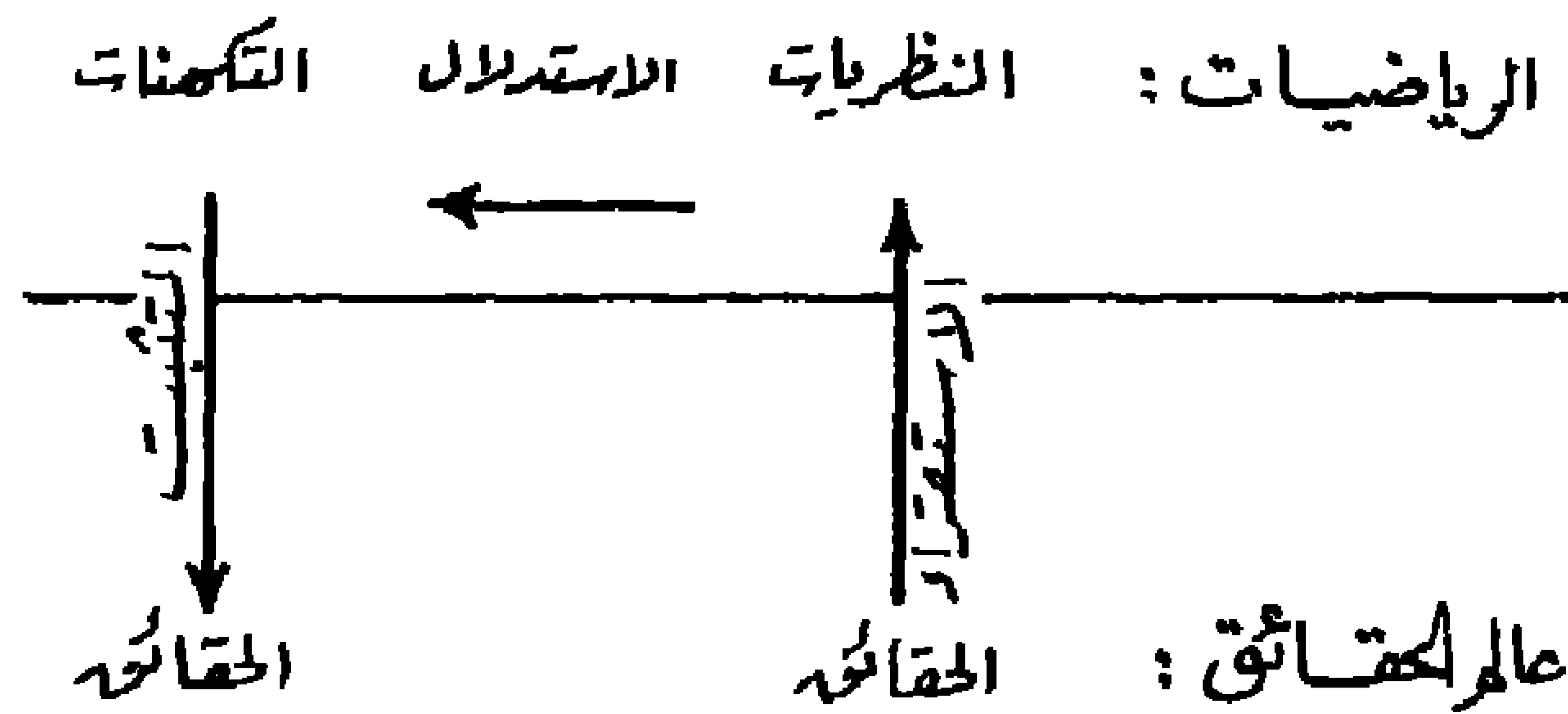
الدورة[1]

على العلم ، كما أكد اينشتين اكثر من مرة ، ان يبدأ بالحقائق وينتهي بالحقائق، وبصرف النظر عن الاعتبارات النظرية التي يقيمها بين هذين الحدين. فالعالم ، في المقام الاول ، انسان يقوم بالمشاهدة ، ويحاول ، بعد ذلك ، ان يصف بشكل عام ما شاهده وما يتوقع مشاهدته في المستقبل . ثم يتقدم

١ — the cycle

ببعض التكهنات بالاستناد الى نظرياته ويتحرى صحتها بمقابلتها، مرة اخرى، مع الواقع .

ان اكثر الخصائص تمييزاً للمنهج العلمي هي طبيعتـه الدورية . فهو يبـدأ بالحقائق وينتهي بها ، والحقائق التي تنتهي بها دورة ما تشكل نقطة البـداية للدورة التالية . ان العالم يحمل نظرياتـه على محمل تجريبي مؤقت ، وهو دائم الاستعداد للتخلي عنها اذا جاءت الوقائع على غير ما جرت به التكهنـات . واذا ما اضطررنا للتخلي عن نظريتنا بسبب مجموعة من المشاهدات الهادفة الى التحقق من بعض التكهنات، فاننا نعمد عندئذٍ للبحث عن نظرية جديدة او نعدّل النظرية ذاتها حتى تصير أفضل مما كانت. وعليه تكوّن هذه المشاهدات المرحلة الرابعة للنظرية القديمة والمرحلة الاولى للنظرية الجديدة . ولما كنـا نتوقع للعلم ان يتشكل من سلسلة من التقـدم لا نهاية لها ، فلنـا ان نتوقع استمرار هذه العملية الدورية الى أجل غير محدود .



ويمثل الخط الافقي في الرسم اعلاه الحـد الفاصل بين عالـم التجربـة والحقائق وعالم النظريات والرياضيات . فنجد في العالم الماثل تحت الخط رجالاً يحدقون في الجاهر بينما نجد في العالم فوقه، سلسلة لا نهاية لها من الصيغ الرياضية. ان ما يهمنا في هذا الفصل ، أكثر ما يهم ، الوسيلة التي ننتقل بواسطتها من

مرتبة الى اخرى . لذلك فسنعمد الى دراسة خطوات ثلاث ، تنقلنا الاولى من المشاهدات الاولى الى النظريات – وهي العملية المسماة « بالاستقراء » ، اي تشكيل النظريات على اساس من المعرفة الواقعية . وهذا يعني ، كما رأينا ، ان يتمكن العالم من العثور على صيغة رياضية يستطيع تفسيرها بشكل يطابق الوقائع التي يحاول دمجها في نظريته . وعندها يطرح على نفسه السؤال التالي : « أهذا حقاً ما أريد ؟ » ويضطر ، في سبيل الاجابة ، للعودة الى عالم الواقع ليتأكد من صحة ما قام به . غير انه لا يمكن التحقق من قانون عام بشكل مباشر بل على المرء ان يسأل بادىء ذي بدء عما ينبئنا به هذا القانون حول وقائع معينة . فليس بالامكان ، مثلاً ، ان يشاهد المرء عبر الازل بأن الشمس تشرق كل صباح ، بل ما يمكن مشاهدته هو انها تشرق اليوم كما تشرق في الغد الخ... واليوم الذي يليه، الخ... اي انه يمكن التحقق من اي عدد محدد من هذه الوقائع . وعلى العالم ، اذن ، ان يستخلص من قوانينه العامة تكهناً بما سيحدث فعلاً في الغد. وهذه خطوة يصار اليها عن طريق « الاستنتاج » ، او التحليل المنطقي لما يعنيه القانون العام حول حادث معين في الغد. وعندها يغدو العالم على استعداد للعودة الى الوقائع ليرى ما اذا كان مصيباً في تكهنه. اما الخطوة الثالثة والاخيرة، والتي قوامها التجارب او المشاهدات، فهي «التثبت» من النظرية ، وسأذكر ، كمثل على هذه الدورة ، فصلاً من أروع الفصول في تاريخ العلم .

تبدأ قصتنا عام ١٨٢٠ ، حين كان الفلكي الفرنسي الكسيس بوفار [١] عالماً مغموراً تقتصر خدماته على وضع مخطط دقيق لمسالك الكواكب السيّارة .

---

١ – Alexis Bouvard

وكان بوفار يهتم بشكل خاص بالكواكب الكبرى الخارجية الثلاثة —المشتري وزحل واورانوس[1] ، فيقوم بعمل على جانب كبير من عظم الشأن ، هو جمع المعلومات الواقعية التي يمكن لنا بواسطتها ان نواصل امتحان النظريات المقبولة للتحقق منها . وفي هذه الاثناء كانت نظريــة نيوتن مقبولة دون جدل على انها التفسير الكامل لحركة الكواكب . لذلك كانت الصدمــة كبيرة عندما تبين ان المنازل التي شوهد فيهــا اورانوس لم تكن مطابقة مع التكهنــات . صحيح ان الانحراف كان ضئيلاً ، لكنه كان أكثر من دقيقــة قوسية ، الامر الذي لا يمكن له ان يتأتى عن خطأ في المشاهدة .

وتشكل هذه الحادثة الخطوة الاخيرة في دورة واحدة من دورات المنهج العلمي . وقد تبعها جمع واسع للبينات ، خصوصاً من قبل تيخو براهي . ان كبلر وغاليليو ونيوتن قد نجحوا جميعاً في صياغة نظرية جيدة استندت اليها آلاف من التكهنات التي صحت كلها لغاية الآن . غير ان تكهناً واحداً غير صحيح يكفي ، اذا تأكدنا منه ، ان يجبرنا على تعديل نظرياتنا .

ومع ذلك فكل ما تمكنا من تبيانه الى الآن ، هو اننا بيّنا خطأ نظرية مقبولة الى اليوم . ولا يزال لدينا الخيار في أيها نترك . ان علينــــا ههنا ان نتذكر لا النظريات العامة فحسب ، ولكن بعض النظريات الخاصة كذلك ، كافتراضاتنا ، مثلاً ، حول عدد الكواكب . ان نظرية نيوتن كانت قد بلغت من الرسوخ مبلغاً يجعل العلماء يفضلون الاستغناء عن أي جزء آخر من مجموعة المعرفة المقبولة . وعليه فسرعان ما خمّنوا بأنهم كانوا مخطئــين حين افترضوا ان اورانوس كان أبعد الكواكب عن الشمس .

---

١ – Jupiter, Saturn, and Uranus

وتشكلت مجموعـة جديدة معدلة من النظريات على اساس الافتراض بأن الك كوكباً أبعد من اورانوس . غير ان هذا لم يكن كافياً لتعليل الوقائع ، جرت مشاهدتها ذلك لان الامر كان يتطلب من المرء ان يثبت ان كوكباً كتلة موافقة ويقع في الموقع المناسب، يمكن له ان يعلل بالضبط الانحرافات ناهدة ، ولما كانت كتلة اورانوس معروفة ، ولما كانت نظرية نيوتن حول ة التجـاذب بين الكواكب لا تزال مقبولة ، فقـد غدا من اختصـاص ياضيات الصرفة ان تستنتج كتلة الكوكب المفترض وموقعه ، أو ان تبرهن كوكباً جديداً لا يمكن له تعليل المشاهدات تلك .

وقد نجح عالم الرياضيات الفرنسي لوفيرييه [1] في حـل هذه المسألة ، التي ت على مبلغ كبير من الصعوبة بالنسبة لحدود المعرفـة الرياضية في ذلك ن ، الامر الذي تطلب قدراً لا يستهان به من الابتـكار ، في حين ان ها اليوم يبدو من الامور المألوفة . واستطاع لوفيرييه ان يحدد كتلة الكوكب هول وموقعه ، مما مكـّن علماء الفلك من البحث عنه .

وقد يغرينا الامر فنقول ان لم يكن ثمة لزوم لهذا كله . فلماذا لم يعمـد ء الفلك ، بكل بساطـة ، الى التفرس في ذلك القسم من السماء الى ان وا على كوكب سيّار جديد؟ والجواب ان تحديد مواقع الكواكب السيارة ، بالامر السهل ، ذلك لأن الكوكب السيـار لا يختلف في مظهره عن رات الانجم الا اذا كان جد قريب منا او كان ذا حجم كبير ، ولا يمكن ه الا من خط مسيره . فالنجوم تبدو وكأنهـا تدور حول الارض كما لو ت معلقة الى كرة بلورية (وهذا ما كان يعتقده الاقدمون) ، بينما تتبـع

---

[1] Leverrier

الكواكب السيارة مسالك خط مسير أقل انتظاماً منها. لذلك فسيكون علينا ان نخطط مواقع النجوم كلها في قسم معين من السماء ثم نتتبع تغيراتها خلال اسابيع متعاقبة الى ان نحظى بالنجم الذي يغير موقعه بالنسبة للنجوم الباقية. ان عملاً كهذا هو جهد لا يرتجى له نجاح.

غير ان توفر حسابات لوفيرييه جعل مرصد برلين يعرف بالضبط في أي المواقع من السماء يتوجب ان يبحث عن « النجم » وان يعرف مقدار كتلته. وهذا ما سهّل الامر الى حد أمكن معه، بعد فترة قصيرة من المشاهدات المركزة، التحقق من وجود الكوكب المفترض. وقد سمي هذا الكوكب المكتشف حديثاً « نبتون ».

وبهذا تمت أحدث دورة من دورات المنهج العلمي. فقد انتهت الدورة السابقة عندما أخفق بوفار في الوصول الى تكهنات صحيحة، ثم عمد بعض العلماء بعد ذلك الى اتخاذ الخطوة الاستقرائية بأن اقترحوا تعديل نظريتنا فيما يتعلق بعدد الكواكب. اما الخطوة الاستنتاجية فكانت من نصيب لوفيرييه، الذي استطاع، من خلال عملية رياضية عسيرة، ان يتكهن بكتلة نبتون وموقعه. ثم جاء مرصد برلين فقام التأكد من صحة هذا التكهن. وقد تبينت الطبيعة الدورية لهذه العملية مرة اخرى عندما تكررت خلال القرن العشرين حين اكتشاف الكوكب السيّار بلوتو.

الحقائق مقابل النظريات

عليّ، قبل ان أبحث في خطوات المنهج العلمي الثلاث، ان أقول شيئاً

حول « العالـَمين » اللذين يعيش العالِم فيهما. فالاول هو عالم الحياة اليوميـة الذي نعرفه جميعاً ، الا ان معرفة العالم به متأتية من مشاهدات قام بها بدقة وعناية . اما العالم الثاني فهو عالم النظريات الغـامض الساحر ، عالم الافكار والمعادلات الرياضية . أما محاولة الوصل بين هذين العـــالمين فهي من أصعب المهام التي على العالم ان يواجهها .

كنا نفضل لو ان العالم يبدأ « بالحقائق المحسوسة » ثم يقيم نظرياتـه على اساسها . الا انني أشك في ان يمكن لنا القول بحقيقة تكون منفصلة تماماً عن تعليلاتها النظرية . وقد يشعر الواحد منا اذا وقع نظره ، مثلاً ، على طـاولة انه امام حقيقة محسوسة ، لكنه يكون في الواقع قد استخدم نظريات معينة غدت مقبولة لديه بشكل يجعله يلجأ اليها بعقله الباطن . أنا لست أنكر البتة ان الشعور الذي نصفه عادة بأن « رؤيتنا للطاولة » هو « حقيقة محسوسة »، الا ان هذا ليس كل ما نعنيه حين نقول اننا قد رأينا طاولة. لنفرض، مثلاً ، انك سُئلت هل يمكن لقبضتك ان تخترق الشيء الذي تراه امامك، وسيكون جوابك بالطبع نفياً ، ذلك لأنك قلت لتوّك ان ما رأيته امامك هو طاولة. الا انه ليس في الصورة البصرية التي رأيتها ما يجعلك تجزم ، منطقياً ، ان ما تراه امامك هو شيء صلب .

والواقع ان هنالك ظروفاً معينة ، كالاحلام والسراب مثلاً ، تمكنك من ان تخرق بيدك الطاولة التي « تراهـا » . ان الربط بين بعض الصور البصرية والاشياء الصلبة نظرية مبنية على الخبرة السابقة ، يمكن ، بالاستناد اليها ، ان نفترض بأن سطح الطاولة يبدو ذا جوانب اربعة أنـّى نظرنا اليه الا انـه ، بينما يبدو مستطيلاً اذا نظرنا اليه من أعلى ، فان زواياه تبدو مختلفة كلما تغير موضعنا في سيرنا حول الطاولة . وبكلمة اخرى ، فاننا نفترض وجود قوانين

بصرية بدائية معينة . وطالما احتوت خبرة المرء على «حقائق محسوسة» بدائية كان سرده لما يمرُّ به يشتمل دائمـــاً على تعليل لما يعتقد المرء انه قد رآه . وقد تكون القوانين التي نفترضها احياناً بعيدة كل البعد عن البساطة ، فعندما يحدق العالم البيولوجي في المجهر ويصرح بانه يرى مخلوقاً حياً متناهي الصغر ، فانه يكون قد لجأ الى قوانين متقدمة في البصريات (وذلك للربط بين ما يراه بواسطة المجهر وبين ما هو موجود بالفعــل) والى قوانين البيولوجيـــا أيضاً (للاستنتاج بان الصورة التي يراها هي لمخلوق حي) .

ولكي تغدو الوقائع موثوقاً بها الى أبعد حد ، نرى العـــالم يلجأ لاجراء الاختبارات ، فيرتب حالة معينة محسوسة تحتوي على تفاصيــل محدودة ، ثم يعزف عن الادلاء الا بما «تنبئه» به أجهزته . ولقد قيل احياناً ان العلم مبني جميعه على الأرقام التي تشير اليها الاجهزة العلميــة . وهذا بالطبع قول مبالغ فيه ، ذلك لأن الارقام لا تدل على شيء الا اذا كنا على دراية بما تشير اليه ، الا انـــه قول يبرز ما لأساليب القيــاس في العلم من شأن كبير . كذلك فان الموقف يغدو اكثر تعقيداً حين يصبح العـــالم نفسه هو الجهاز الحاسب — أي عندما يحاول تعداد الارانب الرومية البيضاء[١] . مثلاً ، أو عندما « يسجل » رد الفعل الذي يحدثه سؤال ما لدى شخص يقوم بدراسته .

لنقبل بان العالم يستند ، بادىء ذي بدء ، الى المعلومات المتوافرة حول ما هو واقع او موجود بالفعــل ، علماً بان هذا قول فيه تبسيط اكثر مما ينبغي (وسوف نعود لبحث هذه المشكلة في الفصل السابع حول المفاهيم) . اما ما يظفر به عالم نظري مما يورده العالم فقول كهذا : س=٣٫٢٥، ي=٢٫٩٧ ،

---

١ — Albino guinea pigs

ز = —٠٠٠،٤، ت=٤٩،٣٢ ، او قد ينتهي به المطاف بنقط على خط بياني ، أو بجدول (على شكل اجوبة « نعم » أو « لا » لاسئلة مختلفة) . هذه هي ما ندعوها بالحقائق التي يتوجب على عالم النظريات ان يوحدها في نظرية. فقد يرمز الحرف «س» الى مسافة على مسطرة ، و«ي» الى ارتفاع عمود زئبقي بالنسبة لمقياس ثابت ، و«ز» الى الارتفاع عن سطح البحر بعد قياسه بطريقة هندسية معقدة ، و «ت » الى الزمن . هذه هي الطريقة الفنيـة للتعبير عن المشاهدات التي يسجل بواسطتها حادث أو مجموعـة حوادث . اما نظريات هذا العـالم ، فانها ، بالمقابل ، عبارة عن تعميات رياضية ، وقد تكون النظرية عبارة عن معادلة مثل س ي—ز٣= ت—٣٥،٢٤ ، أو قد تكون خطاً بيانياً كاملاً ، او قاعدة عن شكل الموائد في جميع الأحوال .

وسيكون من المناسب لو نظرنا الى السجل الرياضي لحقيقة ما (س=٣،٢٥ مثلاً) على انه هو نفسه حقيقة . فاذا قبلنا بهذا يصبـح الفرق الوحيد بين الحقيقة والنظرية ان الحقيقة هي أمر نعرفه بينما تتعدى النظرية ذلك الى امور لم تشاهد بعد (وقد لا تشاهد البتة) . وثمة فرق ثانٍ ينطبق في أكثر الحالات: ان الحقيقة تسجل حادثاً واحداً بينما تكتنف النظرية عدداً غير محدود (قد يكون لامتناه) من الحوادث، والسبب في ان هذا لا ينطبق على جميع الحالات يعود الى ان عدد هذه الحالات قد يكون محدوداً بالفعـل . ان الحقيقة هي دائماً أمر واحد على حدة ، كأن نقول «الشمس تسطع الآن في السماء » . ومع ان النظرية تتخذ عادة شكل التصريح ، كأن نقول « ان الشمس تشرق مرة كل ٢٤ ساعة » ، فان قولنا بان « الشمس سوف تشرق في الساعـة الثامنة من صباح غد » هو قول في مرتبـة النظريات ايضاً . والسبب في هذه الامكانية المزدوجة يعود الى ان كون النظرية الصحيحة عامة التطبيق (بدلاً من ان

تكون ذات وجهة معينة كحقيقة أو واقع ما) يجعل لها مترتبات منطقية يتخذ كل منها شكل تصريح محدد. فالقول المحدد، مثلاً، بأن «الشمس سوف تشرق في الغد» يستند الى القول العام بأن «الشمس تشرق كل يوم» .

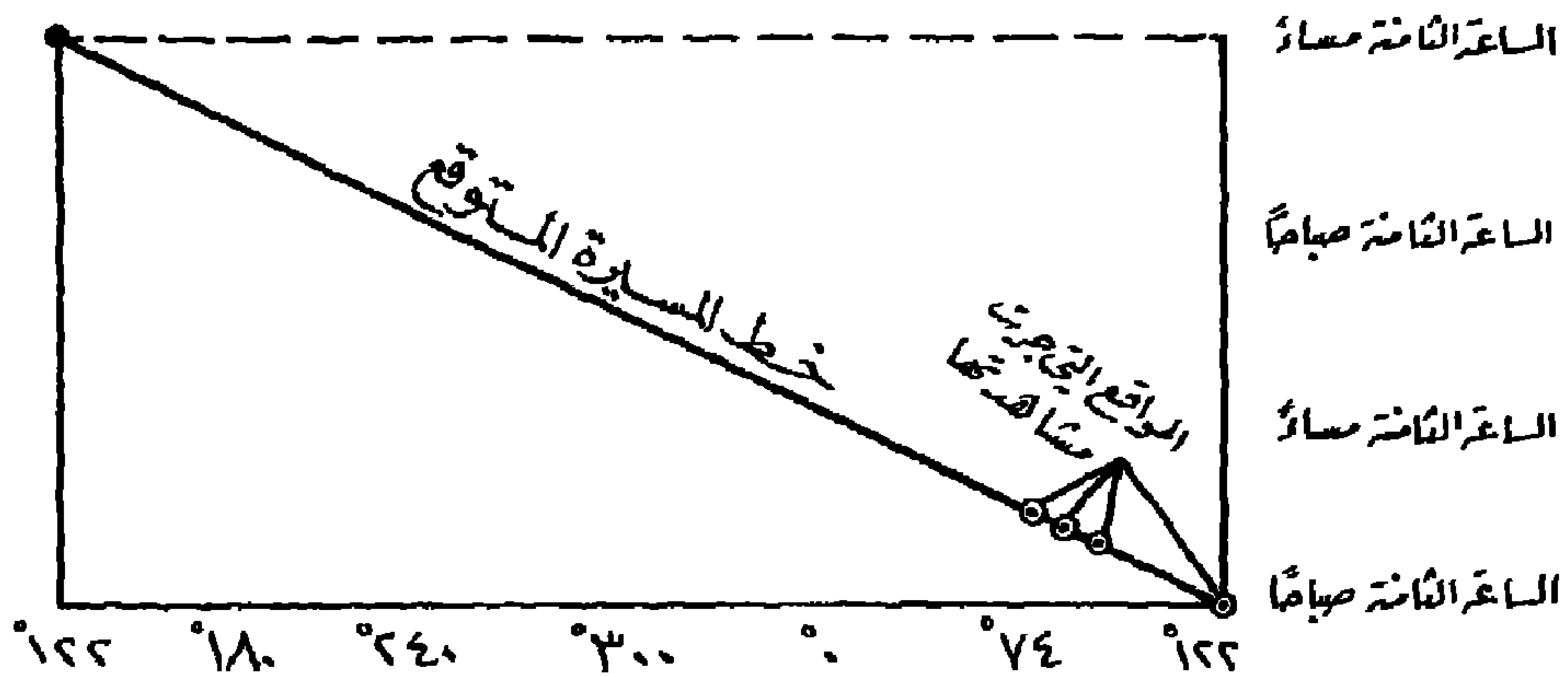
والآن وقد بينت هذه الفروقات الدقيقة، فسوف أطرحها جانباً، لاقتصر في استعمال كلمة «نظرية » على ما يشكل تصريحاً عاماً . وعليه فسيكون ثمة فرق مزدوج بين الحقائق والنظريات : فالحقائق معروفة وذات وجهة معينة (أي انها تتعلق بحادث واحد) اما النظريات فعامة ولا يمكن بالتالي التحقق من صحتها كلياً . لذلك ، ونظراً لطبيعة النظريات العامة وانطباقها (مبدئياً) على عدد لامتناه من الحوادث ، نجد انه لا غنى عن الرياضيات في غالبية الاحيان من اجل التعبير عنها .

وعليه ، فان العالم يجري بعض المشاهدات (وقد يكون ذلك نتيجة لاختبار مخطط) ويسجلها بواسطة اللغة الرياضية التي استنبطها العالم النظري ، الذي يحاول عندئذ، بدوره، ان يصوغ تعبيراً رياضياً عاماً يأخذ هذه الحقائق بعين الاعتبار. ثم يقوم بتوسيع نظريته رياضياً ليستخلص منها تنبؤات بوقائع، وهي تنبؤات ، لا تزال بالطبع ، تعابير رياضية تتوجب ترجمتها الى اللغة المتداولة قبل ان يمكن التحقق من صحتها .

ولنأخذ مثلاً على ذلك اننا نشاهد طائرة قد اقلعت لتقوم برحلة حول العالم دون توقف ، واننا ندوّن مركزها في اوقات مختلفة . وسنرى من جراء هذا ان الطائرة قد حلقت فوق سان فرنسيسكو في وقت معين ، وفوق سانت لويس في وقت لاحق ، وبعد ذلك فوق بيتسبرج ثم نيوارك ، ولنحاول ، استهدافاً لتبسيط الامور ، ان نقتصر على تدوين الزمن (محسوباً بالساعات

ابتداء من اقلاعها) وكذلك تدوين مركز الطائرة بالنسبة لخطوط الطول . ويبين الجدول ان الطائرة تطير بسرعة ثابتة تبلغ حوالي عشر من درجات الطول في الساعة .

زاوية خط الطول	الزمن المنقضي بالساعات
١٢٢ درجة	٠
٩٠ درجة	٣
٨٠ درجة	٤
٧٤ درجة	٤ ٣/٤



ان ما قمنا به فعلاً هو ان نحدد اربع نقاط كجزء من خط بياني ثم نرسم المنحني الذي يطابق هذه النقاط الاربع . وفي هذه الحال يبدو هـذا المنحني على انه خط مستقيم . ان هذا الخط هو نظريتنا ، وهي نظرية عامة لانهـا تنبئنا عن موقع الطائرة في أي لحظة من الاقلاع الى الهبوط، فنعلم ان الطائرة ستعود الى خط الطول الذي أقلعت منه بعد مرور ٣٦ ساعـة ، فنتنبأ ، على هذا الاساس (على افتراض انها أقلعت في الساعة الثامنة من صباح يوم الاثنين) بأنها ستعود الى سان فرنسيسكو حوالي الساعة الثامنة من مساء يوم الثلاثاء .

لقد بدأنا العملية بواسطة مجموعة من المشاهدات (حول موقع الطائرة) وانتهينا منها بمشاهدة مماثلة . اما بين البداية والنهاية فقد عبرنا عن المشاهدات بلغة الرياضيات (كنقاط على مخطط بياني) ، ثم صغناها في نظرية رياضية (في منحنٍ يفترض فيه التطابق العام) ، واخيراً تنبأنا بالمشاهدة الاخيرة (من الرجوع الى نقطة النهاية على المخطط البياني) .

هذا مثل نموذجي على التفاعل بين الحقائق والنظريات ، علماً بأن التعابير الرياضية غالباً ما تكون أكثر تعقيداً وان العلاقة بين النظرية والحقائق ليست بهذا القدر من المباشرة . والآن وقد أبدينا هذه الملاحظات حول « عالمي » العلم ، فقد غدونا على استعداد للبحث في الانتقال من مرحلة الى اخرى بالتفصيل .

الاستقراء

الاستقراء هو العملية التي يشكل العالم بواسطتها نظرية تعلل الحقائق المشاهدة . ويمكن لنا ان نتميّز خطوتين في صميم هذه العملية : تشكيل النظريات الممكنة واختيار واحدة من بينها .

لنبدأ بالخطوة الثانية. كيف نختار النظرية التي نبتغي من بين عدد كبير من النظريات الممكنة ؟ وليسمح لي ان اقترح اطلاق تسمية « فرضية »[1] قاصداً بها عبارة رياضية معللة نحاول اعتبارها نظرية ممكنة ، وسأسمي هذه العبارة « فرضية » طالما ان الشك يكتنفها ، و « نظرية » عندما نكون قد تقبلناها.

---

١ – Hypothesis

وعلينا اذ نقف امام فرضيات مختلفة ، ان نحاول ، باديء ذي بدء ، ان نرى هل تستطيع تعليل جميع الحقائق المعروفة . غير ان الامر ليس بهذا القدر من السهولة ، ذلك لأن حقائقنا ليست دائماً دقيقة ، ولان علينا ان نواجه جميع المشاكل المنبثقة عن نظرية الاخطاء (راجع الفصل الاخير من هذا الكتاب). الا انه بامكاننا ان ننتقي الفرضيات التي تتطابق بشكل معقول مع القرائن ، ثم نعمد ، بعد ذلك ، الى انتقاء أبسطها .

والسؤال الذي يتبدى هو التالي : أيجب ان تتبقى بضع فرضيات ؟ أليس صحيحاً ، اذا توفر العدد اللازم من الحقائق ، ان لا يكون هنالك الا نظرية واحدة يمكنها تعليل هذه الحقائق جميعاً ؟ انني أود ههنا ان أقنع القارىء انه مهما بالغ في جمع الحقائق ، فسوف يظل أمامنا عدد كبير من الفرضيات الممكنة ، بل الواقع ان عدد الامكانيات سيكون لامتناهياً . وخير طريقة لتصور هذا الامر هي ان نعمد الى اعتبار الحقائق نقاطاً على مخطط بياني والى اعتبار الفرضيات على انها منحنيات ، وعلى الفرضية التي تعلل جميع الحقائق ان تمر فوق النقاط جميعها (او بالقرب منها ، طالما ان الحقائق هي نفسها تقريبية) . وسنجد ، مهما جددنا في السعي ، اننا سننتهي دائماً بعدد محدود من النقاط ، ذلك لأن مجال الحياة المحدد لا يمكّن الا من جمع عدد محدود من الحقائق. وليحاول الواحد منا ان يحدد عدداً من النقاط على مخطط بياني ثم يرسم منحنيات عبرها ، وسيجد ان ثمة عدداً لامتناهياً من الامكانيات .

وقد يحدث ان تستبعد جميع الفرضيات التي بدأنا بها ما عدا واحدة ، كما قد يحدث ان تستبعد جميعاً (ذلك لأنه من غير الممكن اعتبار جميع التعابير الرياضية على انها فرضيات) . ولكن ليس ثمة من سبب يجعلنا نتوقع ان يكون هذا حدثاً طبيعياً . لذلك يتوجب الاختيار من بين عدة فرضيات

تتطابق كل منها مع الحقائق. ولكن لماذا نختار أبسطها ؟ سأكتفي بالاجابة ، في الوقت الحاضر ، بقولي انه اختيار موفق كأي اختيار آخر ، الا انه اكثر ملاءمة من اختيار الفرضيات المعقدة . والواقع ان هنالك اسباباً أفضل من هذا ، سنعرض لها في الفصل التالي .

ويعني هذا الخيار ، بالنسبة للمثل الذي اعطيناه برسم منحن عبر نقاط محددة ، اننا نرسم خطاً على أكبر قدر من البساطة او الانسياب ليمر بالقرب من أكبر عدد ممكن من النقاط . لقد كان هذا المنحني ، بالنسبة للمثل الذي أعطيناه عن الطائرة ، خطاً مستقيماً. والخط المستقيم هو دائماً أبسط الامكانيات ، الا انه غير متيسر في كل الاحوال . والواقع ان العلماء كلفون بالخطوط المستقيمة الى درجة ان هنالك امثلة كثيرة على عالم قد رسم خطاً مستقيماً عبر نقاط لم تكن ابداً بالقرب منه . هذا بالطبع خرق للمنهج العلمي . ذلك لانه يتوجب على الفرضية ، أول ما يتوجب ان تطابق الحقائق ، اما مقدار بساطتها فلا يفكر فيه ألا بعد ذلك .

لنعد الآن الى اكتشاف الكوكب « نبتون » . فما هي الفرضيات المتنازعة في هذا الصدد ؟ لقد كان بامكاننا ، أولاً ، ان نحاول تعديلاً ما لنظرية نيوتن ، كأن نعدل ، مثلاً ، في الفرضية القائلة بأن قوة التجاذب تتضاءل دائماً بنسبة مربع المسافة . الا ان الخطر في هذا يكمن في ان هذه الفرضية تطابق تماماً حالة الكواكب الاخرى . ولكنه كان بامكاننا ، بالرغم من ذلك ، ان نقول بأن هذا الامر صحيح لأن هذه الكواكب قريبة من الشمس ، لذلك فلم يظهر الانحراف الذي شاهدناه الا في حال أبعد الكواكب ، اي « اورانوس » . كذلك كان يمكن لنا ان نعدل في مربع المسافة باضافة رقم ضئيل لا يستحق الذكر الا عندما نبلغ اورانوس. وانني لواثق ان هذا كان أمراً ممكناً لو لجأنا

الى قليل من الابتكار الرياضي. الا ان القاعدة التي تنتج عن ذلك كانت تغدو شديدة التعقيد ، فكان اسهل منها ان يفترض وجود كوكب مجهول . لا شك في اننا نصادف بعض المصاعب اذ نحاول ان نحدد متى تكون فرضية ما أبسط من فرضية اخرى . ما هو مقدار التعقيد الذي يجب ان يبلغه قانون التجاذب قبل ان نقرر انه يكون من الاسهل علينا ان نبحث عن كوكب آخر ؟ لست أدري . الا انه من حسن الطالع ، في أكثر الاحيان، ان احدى الفرضيات تكون أبسط بكثير من الفرضيات الاخرى . ونجد ، في المثل الذي ضربناه ، ان قانون التجاذب كان خليقاً ان يغدو شديد التعقيد ، لذلك فلم يكن ثمة شك في اي الفرضيات المقترحة ابسطها . والسؤال الوحيد كان هذا : « هل يمكن لنا تعليل الانحرافات اذا افترضنا وجود كوكب جديد (من حجم معين وموقع محدد) ؟ لذلك فعندما أثبت لوفيرييه أن ذلك ممكن، غدت هذه أسهل الفرضيات وقبل بها عموماً حتى قبل رؤية الكوكب بالفعل. ونحن نعتقد بوجود اجسام أصغر من الذرة لا لأننا « رأيناها » (ولو بشكل غير مباشر) ولكن لأن افتراض وجودها يشكل أسهل فرضية يمكن لها تعليل الوقائع المشاهدة .

ولكن كيف نقوم بتشكيل الفرضيات العديدة المختلفة التي يتوجب علينا أن نختار واحدة من بينها ؟ ليس ثمة جواب سهل على هذا السؤال ، ذلك لأن العملية ، في جوهرها ، عملية خلاّقة . لقد بدا الامر بالغاً غاية الاقناع بمجرد ان قيل لنا ان افتراض وجود كوكب جديد يمكن له ان يعلل السبب في انحراف اورانوس . ولكن كم من بيننا كان يمكن لهم ان يهتدوا الى مثل هذه الامكانية في المقام الاول ؟ كم من بيننا كان يمكن ان يخطر ببالهم ان ثمة علاقة بين حركة القمر وسقوط تفاحة ؟ كم من بيننا كان يمكن لهم ان يفكروا بان

القوة ليست لازمة للابقاء على الاشياء في حالة حركة ، بل لازمة فقط لبدء الحركة وايقافها؟ كم من بيننا كان يمكن له ان يخمن ان الدم يدور في عروقنا؟ ان اختيار فرضية واحدة من بين عدة فرضيات (عندما تتوفر الحقائق) عملية آلية ، ولو انها تتطلب وقتاً طويلاً . اما اعمال الفكر لوضع هذه الفرضيات فهو من خصائص العبقرية .

هنالك أمر قد أكون ضلّلت القارىء بشأنه ، فقد يتبادر الى ذهنه ، عندما اؤكد الصعوبة في وضع الفرضيات ، بأن علينا بالتالي ان نختار من بين عدد ضئيل جداً من الامكانيات . الا ان الواقع غير ذلك. فالفكرة المبتكرة الواحدة يمكن لها ان تؤدي الى عدد لامتناه من الفرضيات . وعندما تخطر فكرة الكوكب الجديد على البال ، مثلاً ، فان هنالك عدداً لامتناهياً من المواقع المختلفة التي يمكن ان نجده فيها (أي المدارات التي يتبعها) وعدداً لامتناهياً كذلك من الأحجام التي يمكن ان يكون عليها . ولنقصر الامر على اعتبار المسافة التي تفصل الكوكب الجديد عن اورانوس وعلى حجم هذا الكوكب . ان هذين الامرين يكفيان لاعطاء عدد لامتناه من الامكانيات المزدوجة. ولا شك ان عدد هذه الامكانيات يتضاءل بالنسبة للحقائق المتوافرة، الا ان ذلك لا ينفي امكانية الخيار فكلما بعدت المسافة وجب ان يزداد الحجم لكي يمكن تعليل الانحرافات المشاهدة . اذن فنحن نبدأ بعدد لامتناه ، من الفرضيات ، ثم نلجأ الى أكثر التدليل الرياضي تعقيداً لتحديد المسافة والحجم اللازمين لتعليل مدار مسيرة اورانوس . وقد يكون من الممتع للقارىء ان يعلم بأن جهل لوفيرييه ببعض الوسائل الرياضية المتوافرة اليوم لحل مسألة كهذه ، جعل تكهناته على قدر ملحوظ من الخطأ .

من هذا نرى ان العالم يستنبط عدداً لامتناهياً من الفرضيات (والفضل في

ذلك للرياضيات) ، ثم يلاحظ ما يتطابق منها مع جميع الحقائق المعروفة ، ويعتمد اخيراً أبسط ما يتبقى من فرضيات على انها نظريته .

الاستنتاج

مفتاح التحقق من النظريات هو اننا لا نتحقق منها البتة . ذلك لان ما نتحقق منه هي المترتبات المنطقية للنظرية . فالتحقق هي عملية التأكد من ان ما قد تكهنا به هو في الواقع كذلك . ولما كنا لا نستطيع سوى مشاهدة حقائق منفردة ، فان علينا ان نتحقق من المترتبات المنفردة لنظرية ما ، وليس النظرية العامة بالذات .

وفي المثل الذي ضربناه عن الكوكب نبتون أمكن لنا التحقق من ان هنالك « نجماً » خافت النور في موقع ما ، وان ذلك « النجم » نفسه غدا في موقع مختلف بعض الشيء بعد مرور اسبوعين . الا انه لم يمكن لنا التحقق المباشر من المسافة التي تفصله عن اورانوس او من خط مداره او حجمه . لقد كان علينا ان نستنتج من النظرية بعض الحقائق المنفردة التي يمكن التحقق منها عن طريق المشاهدة المباشرة .

ولقد قلنا في الفصل الثاني من هذا الكتاب ان الاستنتاج المنطقي ليس الا تحليلاً لمعنى النظرية. وحين نقول بأن هذه الحقائق ناتجة من النظرية فانما نعني بذلك ان صحتها تشكل جزءاً من صحة النظرية ، ولو لم نكن قد أدركنا ذلك عندما اعتمدنا تلك النظرية . اننا ، عندما نؤكد بأن الشمس تشرق كل يوم فاننا نفهم من ذلك ، ضمناً ، انها سوف تشرق في الغد . الا ان قلة قليلة

من الناس فقط يمكن لها ان تلقي نظرة عجلى على النظرية النسبية العامة ، وتدرك ان انحناء أشعة الضوء ينتج منها . وقد يظن القارىء بأن هذا يعود الى ان النظرية بالغة التعقيد، اذن فلننظر الى نظرية نيوتن البسيطة لنرى هل من البديهي لنا، بالاستناد اليها ، أن نفترض بأن الكواكب تسير في مدارات بيضاوية الشكل ، او هل من البديهي (بالاستعانة ايضاً ببعض مواقع الكواكب) ان تنبئنا النظرية عن الموقع الذي يجب ان يحتله كوكب ما في الغد . والجواب هو نفي بالتأكيد ، ذلك لان الأمر يتطلب سلسلة طويلة من الاستنتاجات الرياضية للوصول الى الجواب .

سبق وقلت ان النظرية الواحدة تحتوي على عدد لامتناه من الحقائق . غير ان ابرازها يتطلب تحليلاً رياضياً معقداً . لذلك نجد بأن الخطوة الاستنتاجية قد صممت بحيث يمكن بواسطتها استخلاص الحقائق التي تمكن مشاهدتها من النظريات العامة . ان واضع النظريات يبدأ بالحقائق المعروفة والنظريات المقبولة ثم يبحث عما يمكن ان ينتج عنها . فاذا كانت النظريات صحيحة ، فكل قول ينبثق عنها هو صحيح بالضرورة ! وهذا يعطينا فيضاً غير محدود من الحقائق التي يمكن ان نتحقق منها وعدداً لا نهاية له من الحقائق الثابتة التي يمكن ان نجمعها لدعم نظرية معينة .

غير ان الصعوبة الوحيدة في الامر ان النتائج المشوقة ليست في الغالب من مترتبات نظرية واحدة بل ، على العموم ، من نظريات عديدة . وحتى اذا تبيّن لنا ان تكهناتنا غير صحيحة فلا يمكن لنا ان نتأكد أي النظريات هي الخاطئة . الا اننا واثقون من ان نظرية ما هي نظرية خاطئة . وعليه نعود الى البحث عن أبسط الطرق لتحسين مجموعتنا من النظريات . ففي المثل حول نبتون أجرينا تبديلاً في النظرية بالنسبة لعدد الكواكب مع اننا كنا

نستطيع تعديل قانون نيوتن في التجاذب أو حتى قانونه في الحركة أو قوانين البصريات في تطبيقها على المرقب[1] . الا اننا اجرينا التبديل الاسهل دون ان يمكن لنا التأكد بتاتاً أي النظريات هي المخطئة . انه بامكاننا ان ننقذ أي نظرية ولكن على حساب جعل النظريات الاخرى أكثر تعقيداً . ومن أجل هذا ، يكثر من يذهب الى ان كل تجربة هي في الواقع امتحان لمعرفتنا قاطبة.

ولنأخذ مثلاً على ذلك من حياتنا اليومية . فنحن ما فتئنا نسمع الكثير عن الصحون الطائرة ، وقد يكون اللغز قد انكشف عند فراغ القارىء من هذا الكتاب . هنالك فرضية تقول بأن هذه الصحون الطائرة هي قذائف من الفضاء الخارجي . الا انني أود ان اثبت بأني اذا اردت القول بان لهذه الصحون سبباً ارضياً ، فلن يثنيني عن اعتقادي أيُّ دليل . ففي امكاني ان اعدّها وهماً جماعياً وحسب. واذا قيل ان شاشة الرادار قد تبينت وجودها منذ عهد قريب كان في وسعي رد ذلك الى ان عامل الرادار هو نفسه مصاب بالوهم وخداع الحواس . واذا صدف ان أكّد الكثيرون رؤية هذه الصحون على شاشة الرادار امكن لي ان افترض وجود تأثير كهربي مسبب عن كثرة أجهزة الارسال التلفزية التي تؤدي كثرة عددها الى تشكيل هذه «الصحون» وصورها على شاشة الرادار. ولا شك ان هذا قد يتضارب مع ما نعرفه حول العلم الكهيربي[2]، الا انني استطيع تعديل النظرية الكهيربية المغناطيسية لانقاذ فرضيتي المفضلة، وما زلت على استعداد لتعديل عدد كاف من النظريات الاخرى . أما اذا أُسقطت قذيفة من هذا النوع بالفعل فانه يتوجب عليّ عندئذ ان أطرح جانباً الفرضية القائلة بأن الامر كله وهم الا انني استطيع

---

١ — telescope

٢ — electronics

الافتراض بأنها أتت من بلد آخر من بلدان العالم . واذا تبين ان بداخل « الصحن » الطائر كياناً حياً يختلف عن كل ما نعرف ، فانه لا يزال بامكاني ان افترض بأنه قد جاء من جزيرة مجهولة او حتى من جوف الارض، الا ان افتراض وجود الحياة في جوف الارض الحار يتطلب تعديل عدد من النظريات، فاذا لم اتردّد في ذلك امكنني ان انقذ فرضيتي المفضلة. واذا حملني احد ركاب هذا الصحن وحلّق بي الى الفضاء الخارجي فانه يمكنني ان أقول بأن الآلة التي أركبها قد حملتني في رحلة صاروخية عرض عليّ خلالها شريط سينمائي شعرت معه كأنني أنظر الى الارض وهي تتباعد عني. وحتى لو حط الصحن بي فوق سطح المريخ فانه يمكن لي ان أعلل ذلك بأنني قد وقعت تحت تأثيره المغناطيسي .

واذا عيل صبر القارىء من ارتيابي بالامور فمرد ذلك الى انه بلغ نقطة يغدو فيها القبول بوجود هؤلاء المسافرين بين الكواكب السيّارة أسهل من تعديل نظريات اساسية . غير انني آمل ان أكون قد أقنعت القارىء بأنه يمكن لنا ، منطقياً ، ان ننقذ نظرية ما اذا كنا على استعداد للتخلي عن نظريات اخرى . والسبب في ذلك هو التالي : يتوجب علينا ، حين نحاول التحقق من صحة نظرية ما ، ان نستخلص مترتبات لهذه النظرية يمكن التحقق من صحتها عن طريق المشاهدة . ويتوجب على هذه المترتبات ان تستعين بعدة نظريات ، فاذا لم تتطابق هذه المترتبات مع الخبرة الحسية فان السؤال يتبادر الى ذهننا هل نظريتنا هي الخاطئة ام احدى النظريات الاخرى. ويمكن لنا دائماً ان نفترض ان النظريات الاخرى هي الخاطئة ، كما فعلنا في المثل الذي أعطيناه على الصحون الطائرة. هذا اذن هو السبب في ان التكهنات

تستند الى مجموع المعرفة ، وانه من المستحسن القول بأننا نمتحن هذه المعرفة كلها بدلاً من نظرية معينة منها .

التحقق

الخطوة الثالثة في المنهج العلمي شبيهة بالخطوة الاولى، ذلك اننا هنا ايضاً نجمع الحقائق . الا ان الفرق هو ان الحقائق التي تتوجب مشاهدتها مبنية على التكهن وان علينا ان نرى هل هي مطابقة للواقع بالفعل .

لقد حاولت ان ابين بأنه اشتطاط في تبسيط الامور ان نقول بان مشاهدة معاكسة واحدة يمكن لها ان تقيم الدليل على بطلان نظرية ما . انه اشتطاط في التبسيط لسببين : أولاً ، لان المشاهدات والتكهنات تقريبية ، فلا يمكن لنا إلا ان نصرح باقوال احتمالية (راجع الفصل الأخير) وثانياً ، لان التكهنات تستند الى عدة نظريات.هنالك، اذن، امكان الخيار في أي النظريات نطرحها جانباً (كما بيّنا في الفقرات السابقة) . وعليـه فالمشاهدة المعاكسة الواحدة لا تستطيع أكثر من ان تجعل النظرية أقل احتمالاً ، او تجعـــل بالاحرى مجموع النظريات اقـــل احتمالاً (وبقول ادق ، فليس من المحتمل ان يكون المجموع صحيحاً برمته) .

ولكن ما القول في المشاهدات المؤيدة؟ انها، اولاً ، تقريبية هي الاخرى مما يجعلنا غير متأكدين بأنه قد جرى التحقق من صحـة التكهن . ثانياً : ان التحقق من تكهن واحد أو من عدد محدود من التكهنـــات لا يجعل النظرية اكيدة . ذلك لانه سيظـل ثمة عدد لامتناه من الفرضيات المتنافسة تستطيـع

كلها ان تعلل جميع الحقائق المعروفة . اذن ففي هذه الحال أيضاً نجد بأننا لا نستطيع الا القول الاحتمالي .

والاحتمالات التي بحثنا فيها ههنا هي من المرتبة الثانية من الاحتمالات ، اي من المعقوليات[1] . ان عملية التحقق كناية عن مقابلة التكهنات بالمشاهدات ثم بتخصيص مجموعة نظرياتنا بقدر اكبر او اقـــل من المعقولية على اساس هذه المقابلة . فاذا كانت المعقولية على قدر كبير كان ذلك مدعاة لرضائنـــا . اما اذا بلغت دون المستوى المعقول يكون علينا ان نعدل في نظرياتنا فنبدل في احداها على الاقل لكي نرفع من مجموعة المعرفة التي بين أيدينا الى مستوى اعلى من سوية المعقولية عند المجموعة . وقد يكون هذا التبديل طفيفـــاً ، كالقول بوجود كوكب جديد ، او قد يتطلب استبدال الهيكل بأجمعـه كما استبدل نظام نيوتن بنظرية النسبية . ان تقرير زمن التبديل عملية معقدة كما انها عملية عرضة للجدل الكثير اذا لم يتوفر لها القدر الكافي من المعقولية . والذي يزيد الامور بلبلة هو وجوب اخذ مبلغ بساطة نظرياتنا بعين الاعتبار . فننظر الى مقدار المعقولية في نظرياتنا وفي النظريات التي تنافسها ثم نتخلى عن نظرياتنا اذا وجدنا ان مجموعة اخرى اكثر معقولية بالنسبة للقرائن المتوافرة ، أو اذا وجدنا مجموعة على نفس القدر من المعقولية ولكنها ابسط منها .

ومن أمتع الامثلة على هذه النقطة ما ادعـاه هنري بوانكاريه من انه لن يمكن التخلي ابداً عن الهندسة الاقليدسية . لقد كان بوانكاريه عالماً رياضيـاً وفيلسوفاً ممتازاً وكان يعلم لا شك بأن ثمة فرقاً اساسياً بين الرياضيات المجردة الصرف وبين الرياضيات التطبيقية ، التي تشكل جزءاً من العلوم . كذلك فقد

---

١ – Credibilities

تفهم الحاجة الى اختيار ابسط نظرية ممكنة . الا انه اثبت بحجة بارعة ان بالامكان انقاذ الهندسة الاقليدسية (اذا جرى تعليلها كما يجب) بصرف النظر عن الحقائق التي تكشف عنها الفيزياء . ثم عاد فأثبت ان هذه الهندسة اسهل من منافساتها لدرجة ان العلماء لن ينفكوا يتعلقون بها ولو اضطرهم الامر لتعديل قوانينهم الاخرى (في الفيزياء) وسأقتصر هنا على مثل واحد للكيفية التي يمكن ان تتم بها هذه العملية : يبدو ان الفرق بين الكون المتناهي الذي تقول به الهندسة التي نفضلها اليوم وبين الكون اللامتناهي الذي تقول به الهندسة الاقليدسية هو فرق اساسي لدرجة يمكن معها البت في الامر عن طريق الاختبار. فاذا استطاع شعاع من نور ان يعود الى مصدره فان الكون متناه ومغلق ، اما اذا لم يعد فان الكون مفتوح ولامتناه . غير انه يمكن لنا ان نتفادى هاتين الامكانيتين بتعديل قوانيننا. لنفرض ان شعاعاً من نور قد عاد الى مصدره بعد زمن طويل (كأن نشاهد مجرّتنا في أقاصي الكون) فانه يمكن لنا تعليل ذلك بقولنا ان النور ينتقل لا على خط مستقيم ولكن بدائرة كبيرة جداً ، تبلغ من الحجم مبلغاً يجعل الاجزاء الصغيرة منها تبدو وكأنها خطوط مستقيمة . اذن فانه بامكان الشعاع ان يعود الى مصدره حتى ضمن كون لامتناه .

وحتى لو لم يعد الشعاع الى مصدره فانه يمكن لنا ان نظل متعلقين بكوننا المتناهي المغلق . فنفترض ان الكون يتمدد (وهذا بالفعل ما نفترضه اليوم) وان هذا التمدد يحدث بسرعة تجعل الضوء يقترب اكثر فاكثر الى المقلب الآخر من الكون[1] (أي النقطة المقابلة لنا محورياً في الكون) ولكن دون ان يتمكن من بلوغها لانها تبتعد عنا بسرعة الضوء . والواقع ان بعض النظريات

١ — Antipode

الكونية تشير الى هذه الامكانيـة . اذن فليس في مقدور الضوء ان يعود الى مصدره حتى في عالم محدود. وهذا الامر يدعو للاهتمام من وجهة نظر اخرى. ذلك اننا اذا قمنا بقياس الاطوال كالمعتاد، اي بمقاسات الطول او ما يوازيها، فان الكون محدود . الا اننا اذا قمنا بقياس المسافات بالاستنـاد الى الوقت الذي يستغرقه الضوء ليقطع المسافة من طرف الكون الى الطرف الآخر ، فان الكون يغدو لامتناهياً لأن الضوء لا يمكن له البتة ان يبلغ الطرف المقابل. اذن فبمقدورنا ان ننقذ هذا النظام الهندسي او ذاك بحسب الطريقة التي نعبر بواسطتها عن المسافات .

خلص بوانكاريه الى النتيجة بأن العلم سوف يبقي على الهندسة الاقليدسية بداعي بساطتها ، ونشر معتقداته حول الموضوع في كتاب ظهر عام ١٩٠٤ . وفي عام ١٩٠٥ ظهر القسم الاول من نظرية اينشتين في النسبية ، ثم ظهر فيما بعد قسم لاحق منها كان سبباً في هجرنا للهندسة الاقليدسية . ان في التواريخ الواردة أعلاه ما يحتوي على سخرية القدر ، ولكن ذلك لا يعني ان مفكراً عظيماً كبوانكاريه قد اقترف خطأً عظيماً . ان ما تغاضى بوانكاريه عنه هو ان انقاذ أبسط انظمة الهندسة قد لا يتأتى الا على حساب تعقيد بالغ للنظريات الاخرى ، وان بيّنة البساطة يجب ان تطبق على معرفتنا برمتها . وعندمـا وجد أينشتين ان النظرية التي تعلل جميع الحقـائق المعروفة (أي النظرية الخاصة في النسبية) يمكن لها ان تبسط باعتماد هندسة غير اقليدسية لم يتردد البتة في ذلك ، وعليه نشأت النظرية العامة في النسبية. لقد تخلينا عن نظرية نيوتن بسبب عدم مطابقة تكهناتها مع المشاهدات ، كما تخلينـا عن النظرية الخاصة في النسبية بسبب وجود نظرية أسهل منها تستطيع تعليل الحقـائق نفسها . ففي الحالة الاولى نجد ان المعقولية كانت على قدر غير كاف ، كما نجد

في الحالة الثانية ان المعقولية كانت كافية ولكننا وجدنا انفسنا امام نظرية منافسة على نفس المقدار من المعقولية الا انها أبسط منها بكثير ويبين هذا بوضوح التفاعل بين المعقولية (الاحتمالية) والبساطة في التحقق من النظريات، وما يؤدي ذلك اليه من تقبلها او رفضها .

مثل اخير

سيكون مثلنا الاخير على تطبيق هذا المنهج أحد أعاظم ارباب المنهج العلمي في التاريخ ، وأعني به شرلوك هولمز .

وانه لمن المؤسف ألا نستطيع رؤية هولمز الا من خلال الدكتور وطسون الذي لم يكن يخلو من بعض العيوب ، ولو انه كان جد محبب الى القلوب . فبين المآخذ عليه نجد ان تعابير هذا الطبيب الطيب قد فقدت معناها فيما يتعلق بالمنهج العلمي ذلك لأنه جرى على طريقة مزعجة في وصفه استقراءات هولمز المدهشة (أي تشكيل نظريات بعيدة المرمى بالاستناد الى دلائل واهية) على انها استنتاجات ، كما كان يصف المنهج العلمي (الذي كان يمارسه هولمز الخالد انبل ممارسة) على انه علم الاستنتاج. ولكن لنطرح هذا جانباً ونتناسى التعابير لننظر في احدى قضاياه الفاتنة الساحرة .

ويمكن التمثل بأية مغامرة من مغامرات شرلوك هولمز ولقد اخترت، دونما سبب ، قضية « عصبة ذوي الشعر الاحمر ».

نجد هولمز يجمع الحقائق باديء ذي بدء مما يرويه السيد ويلسون ويبدو ان مساعد ويلسون قد استرعى انتباهه الى اعلان غريب يطلب شخصاً ذا شعر

احمر ليقوم بعمل بسيط لقاء أجر محترم. ولما كانت الاعمال في دكان الرهونات الذي يملكه السيد ويلسون ليست على ما يرام، ولما كان هو ذا شعر احمر براق، نجده يحاول اغتنام هذه الفرصة ومع انه كان واحداً من حوالي الف طالب لتلك الوظيفة فقد ساعده الحظ بأن اختير لها. ويبدو ان الامر يتعلق بمليونير امريكي شاذ ولد في بريطانيا وترك مبلغاً من المال في وصيته خصصه لامثاله من ذوي الشعر الاحمر . فكل ما على السيد ويلسون ان يقوم بـه هو نسخ دائرة المعارف البريطانية، على ان يتم ذلك في مكتب معد خصيصاً لهذه الغاية. ويقوم السيد ويلسون بالفعل بهذا العمل كما يتلقى من اجله مكافأة طيبة يضيفها الى مدخوله، الى ان كان ذات يوم (بعد مرور ثمانية اسابيع) وجد السيد ويلسون ان المكتب قد اغلق وان صاحب العمل لم يترك وراءه اي أثر. وخلال الاستجواب الذي يقوم بـه شرلوك هولمز يقول السيد ويلسون ان مساعده في دكان الرهونات شاب على مقدار كبير من الذكاء وقد رضي بالعمل بنصف أجر لكي يتعلم الصنعة، الا ان الخاصة المستغربة الوحيدة لدى هذا المساعد هي ولعه بالتصوير الضوئي الذي يجعله يقضي الساعات الطوال في القبو لتظهير الصور..

لقد كان على شرلوك هولمز ان يعلل الدافع لهذه الوظيفة الغريبة وكذلك لبعض الشواذ في تصرفات المساعد، فيضع الفرضية بأن الدوافع اجرامية وان للمساعد ضلعاً في الجريمة المنوي ارتكابها . لذلك فالهدف الوحيد الذي حققته الوظيفة كان ابعاد السيد ويلسون عن منزله . ان السيد ويلسون لم يغرر به، بل ربح مبلغاً صغيراً من المال، مع ان منزله لا يحتوي على اي شيء ذي قيمة . اذن تشكلت النظرية بأن القبو هو القسم الذي كان يهتم المساعد به بحجة التصوير الضوئي وان غاية المجرمين هي حفر نفق من القبو خلال غياب

السيد ويلسون . وقد استدل هولمز من « طرد » السيد ويلسون من وظيفته الجديدة على ان النفق قد تم حفره ، كما استدل من ان الجريمة لم تقع بعد على انها سوف تقع في القريب العاجل .

ويصبح شرلوك هولمز الآن في موقف يسمح له بالقيام ببعض تكهناته المدهشة فيقول بأنه لم تكن ثمة وصية (وقد جرى التحقق من ذلك) ، وان هنالك بناء مهماً يسهل الوصول اليه من قبو دكان الرهونات (وقد تبين ان البناء هو مصرف) ، وان هنالك من سيحاول سرقة المصرف بعد بضعة أيام . ويضيف هولمز الى تكهناته بأن محاولة السرقة سوف تقع مساء يوم السبت لأن ذلك يعطي السارقين وقتاً أطول للهرب قبل اكتشاف السرقة . وقد تحقق من نظرياته جميعاً حين قبض على المجرمين وهم يخرجون من قبو المصرف .

هذا تطبيق للمنهج العلمي في علم التحري بشكل يدعو للاعجاب . فهنالك تجميع حريص للحقائق يتبعه تشكيل لنظريات بارعة الحبك . ثم تستخلص من هذه الحقائق استنتاجات منطقية يجري التثبت منها واحداً بعد الآخر . الى ان يغدو شرلوك هولمز متيقناً من نظريته (على قدر ما يمكن لبشر ان ان يتيقن) وعندها يمكن له ان يتكهن بوقوع حادث واحد ، فيؤدي تكهنه هذا الى بيت القصيد للقضية كلها . أما بالنسبة للقراء الذين لا يزال يراودهم شعور بأن هنالك شيئاً من الاعجاز في المنهج العلمي فلا يسعني الا ان أردد اجابة شرلوك هولمز نفسه : « انه لأمر بسيط يا عزيزي وطسون » .

٦ المعقولية والاستقراء

لنعد الى المسألة التي بحثناها في الفصل الرابع ، حيث حاولت بيان ما لمفهوم المعقولية[١] من شأن عظيم بالنسبة لمشاكل الاستقراء والمنهج العلمي كله. ان علينا الآن ان ننظر في هذه المسألة بقدر أوفى من التفصيل .

مشكلة الايضاح[٢]

لا شك في ان العلماء يربطون كل نظرية بقدر خاص بها من الاحتمال فيقولون بأن هذه النظرية صحيحة في الاغلب . أما تلك فهي ضعيفة الاسناد ولذلك لا يحتمل لها ان تكون صحيحة . كذلك فهم يقابلون بين فرضيتين أو أكثر ويقررون (على أساس البينات المتوافرة) أيها اكثر احتمالاً ان تكون صحيحة. غير انهم لا يملكون وسيلة لحساب هذه الاحتمالات ، وكثيراً ما يؤدي ذلك الى جدل طويل حول أي النظريتين هي اكبرهما احتمالاً .

١ – credibility – معقولية قول ما يقصد بها ، هنا ، قابليته للتصديق او مدى تقبل العقل لصحته . – المترجم

٢ – explication

ونحن نواجه المشكلة نفسها في الحيـاة اليومية . فنجد ، مثلاً ، اثنين من المولعين بسباق الخيل يدرسان لائحة الخيول المتسابقـة ويتوصلان الى قرارين مختلفين حول امكان حصان معين ان يربح الشوط الخامس . فيقرر الاول ان ذلك الحصان ذو حظ كبير في الربح ويراهن عليه بكل ما يملك ، بينما يقرر الثـاني ان للحصان المذكور حظاً متعـادلاً في الربح والخسارة فيراهن على حصان آخر يعتقد بأن ربحه مضمون اكثر . وعند انتهاء الشوط الخامس اذا بالحصان الاول يربح السبق بمسافـة طولين . ترى أي الرجلين على حق ؟ ان الاول قد ربح مقداراً كبيراً من المال يدعم به ادعاءه. ولكن ليس من سبيل له ليبين ان امكانات الربح والخسارة لم تكن متعادلة .

ماذا يتوجب علينا ان نفعل عندما يواجهنا مفهوم ندركه بالبديهة ولكن دون ان تكون لدينا الوسيلة لجعله مفهومـاً رقمياً دقيقاً ؟ تعرف هذه المشكلة بتسمية «الايضاح» ، اي التعبير الدقيق عن المفاهيم البديهية. هنالك عدة مبادىء نسترشد بها في ايضاح مفهوم بديهي ما . ففي المقام الاول ، يجب ان يكون التعريف الجديد دقيقاً ، لان هذا بالضبط هو هدف الايضـاح . وعلى هذا التعريف ، ثانياً ، ان يتطـابق مع المفهوم البديهي ، غير ان هذا أمر يصعب تمييزه لأن المفهوم البديهي غالبـاً ما يكون كثير الغموض . ويمكن لنا ، على الاقل ، ان نصر على مطابقة التعريف الجديد في كل حالة يكون فيها تطبيق المفهوم الذي نكون بصدده تطبيقاً واضحاً . غير انه يظل لدينا نطاق واسع للاختيار ويرجح ان نجد بتصرفنا عدة مفاهيم دقيقة . وفي هذه الحـال نختار من بينها حسب جدوى هذه المفاهيم وبساطتهـا . والعملية تتلخص في تدوين جميع الحالات التي نسترشد فيها بحدسنـا ، والشروط التي يتوجب على المفهوم

ان يفي بها ليكون نافعاً ، ثم نعمد الى انتقاء أبسط المفاهيم الدقيقة التي ترضي جميع هذه الشروط .

ولنأخذ مفهوم «الحرارة» مثلاً. فنحن نصنف الاشياء بديهياً على انها حارة أو باردة أو دافئة الخ ... وبينما نجد ثمة اجماعاً في بعض الحالات على ان شيئاً ما هو حار ، نجد، في بعض الحالات الاخرى، ان الامر يختلف تماماً. ويختلف الصغار كثيراً حول درجة حرارة الماء الذي يرغبون السباحة فيه . فيقول البعض ان البحيرة «باردة جداً» بينما يقول الآخرون (واسنانهم تصطك) ، بانها دافئة . كذلك فالمفهوم البريطاني حول البيرة الباردة يختلف تماماً عن مفهوم الناس في الولايات المتحدة . وقد يعتقد احد سكان ولاية ماين ان حرارة الطقس لا تطاق بينما يجد احد سكان فلوريدا أنها ليست على شيء يذكر من الحرارة. وهنالك امثلة عديدة اخرى تجعل الامر يبدو وكأن ليس ثمة مفهوم واحد ، سواء أكان واضحاً ام لم يكن ، يستطيع ان يوحد هذه الآراء المتباعدة . ولكننا ، بالرغم من ذلك ، توصلنا الى مفهوم للحرارة .

فقد لوحظ ان الزئبق يتمدد في الايام التي يتفق اكثر الناس على انها دافئة، بينما يتقلص في الايام الباردة. وعليه اتخذت درجة تمدد حجم معلوم من الزئبق قاعدة لوضع قياس يمثل حكمنا البديهي بالسخونة والبرودة . الا ان هنالك قدراً كبيراً من التحكم[1] في صنع مقياس كهذا . أتمثل الارقام العالية سخونة متزايدة ام برودة متزايدة ؟ لقد اعتمدنا الحالة الاولى لأن حجم الزئبق يزداد مع ازدياد الحرارة . الا ان هذا أمر تحكم بحت . ثم ما الذي يمكن لنا ان نختاره ليمثل درجة الصفر ؟ ففي قياسين من هذه القياسات اختيرت حرارة

---

١ — Arbitrariness

تجمد الماء ، بينما اختيرت درجة ٣٢ في القياس الشائع في الولايات المتحدة . وكيف نختار وحدات القياس ؟ لقد صير الى ذلك في احد القياسات باعتماد الفرق بين حرارة تجمد الماء وحرارة غليانه ، ولكن لما كان ذلك يمثل وحدة كبيرة ، فقد قسمت الى مئة جزء متساوٍ . اما في النظام الآخر فقد قسمت هذه الوحدة الكبيرة الى ثمانين جزءاً متساوياً ، بينما قسمت في النظام الشائع في الولايات المتحدة الى ١٨٠ جزءاً متساوياً . ولست ادري لمَ تمّ ذلك . ونتج لدينا من جراء ذلك قياس الحرارة بالسنتغراد ، وريومور ، وفارنهيت . وهنالك بالطبع قياسات عديدة ممكنة اخرى . لماذا نقسم القياس الى مئة جزء متساوٍ ؟ لماذا لا نستعمل وحدات كبيرة اول الامر ووحدات صغيرة فيما بعد ؟ لماذا نلجأ لاستخدام الزئبق بدلاً من مادة اخرى ؟ السبب في ذلك كله هو ان هذا المفهوم للحرارة قد بيّن انه مثمر جداً في تشكيل النظريات البسيطة في الفيزياء ، كما يستدل على ذلك من اي كتاب مدرسي في الموضوع .

ولقد علمنا فيما بعد ان هنالك بالفعل صفراً طبيعياً لقياس الحرارة، كما علمنا ان هذا القياس صالح لأن المواد الاخرى تتمدد ايضاً بما يتناسب مع تمدد الزئبق ، مما يجعلنا نحصل على قوانين بسيطة حول تمدد المواد (خصوصاً الغازات) بارتفاع الحرارة . ثم جرى الربط بين هذا كله وبين حركة الجزيئات، فتبين ان ثمة علاقة نسبية بين طاقتها الحركية وبين درجة الحرارة، الامر الذي دل على ان الحرارة تعتمد على سرعة تحرك الجزيئات. اذن فالصفر الطبيعي هو الحرارة التي تتوقف فيها الجزيئات عن الحركة ، اي ادنى درجة حرارة ممكنة . والفرق بين قياس كلفين[1] (او القياس المطلق للحرارة) وبين

١ — the Kelvin scale

قياس السنتغراد هو درجة الصفر ، اي ان درجة صفر كلفين = ٢٧٣ درجـة تحت درجة الصفر بمقياس سنتغراد .

وهنالك سبل اخرى عدة لاختيـار مفهوم للحرارة ، الا ان هـذا هو اكثرها نفعاً وجدوى . فبامكاننا مثلاً ان نقيس حرارة الصيف بعدد الوفيات المسببة من الحر في الولايات المتحدة ، الا ان هذا لا يوصلنا الى قوانين بسيطة حرية بالاهتمام . فعدد الوفيات من الحرارة لا يعتمد فقط على الحرارة بـل على الرطوبة ايضاً ، كما يعتمد على كثافة السكان وعدد من عوامل المصادفة ، كتوفر مياه الشرب مثلاً . لذلك نجد بأن القياسات التي اعتمدناهـا تؤدي الى أبسط مفاهيم الحرارة وأكثرها نفعاً . ولكن هـل تتوافق هذه القيـاسات مع الاستعمالات العادية؟ هذا التوافق لا بد منه الى حد ما لاننا اخترنا تمدد الزئبق كقياس لا لسبب الا لأنه يطابق ما نعنيه عامة بلفظة « حار » . امـا اذا اختلف شخصان حول ما هو « حار » فانه لا يمكن لهذا القياس ان يوافق الاثنين معاً . ان ايضاحنا يبين ، بشكل عام ، ان « حـار » يعني حرارة مرتفعة و « بارد » يعني حرارة منخفضة ، ولكن معنى «مرتفع» و «منخفض» يعتمد على الظروف. فنحن حين نذهب للسباحة فاننا نقابل في اذهاننا درجة حرارة الماء مع مقيـاس نكون قد اخترناه . وقـد يختلف صغيران في هل يفضلان السباحة في ماء حرارته ٦٠ او ٧٠ درجـة ، لكن كلاً منهما سيلجأ بشكل مستمر الى لفظة « بارد » ليعني درجة حرارة أدنى عدة درجات من الحرارة التي يفضلها. لذلك فان ماء حرارته ٦٥ درجة قد يبدو دافئاً لاحدهما وبارداً بالنسبة للآخر. وما يصدق على الحرارة يصدق على عبارات مماثلة توضح الامثال التي ذكرناها عن الطقس والبيرة ، ذلك ان لفظة « دافيء » تعتمد على ما قد اعتاده المرء .

والمزية الكبرى للايضاحات انها تجلو خلافات كهذه وتجعلنا نعترف،حتى، بأننا قد ارتكبنا خطأ . وانها لمن التجارب الشائعة اننا اذا وضعنا اصبعنا في ماء فاتر مباشرة بعد ان نكون قد أخرجناها من ماء ساخن فان الماء الفاتر يبدو بارداً . ويمكن لنا ، في هذه الحالات ، ان نقنع الناس بخطأهم في اعتماد قياس مطلق — أي ميزان الحرارة . كذلك فقد نظن بان الطقس حار ، الا ان نظرة عجلى نلقيها على اجهزة متنوعة قد تقنعنا بأن الطقس ليس حاراً بهذا المقدار ، وإنما هناك ارتفاع في درجة الرطوبة وركود في الريح .

وقد يحتاج المفهوم الجديد نفسه الى مزيد من التوضيح . فقد وجدنا ان البيضة التي يلزم غليها مدة ثلاث دقائق لتنضج تتطلب خمس دقائق غلي على قمة جبل . أيعني هذا ان نعترف بأننا نرغب في بيضة الثلاث دقائق عندما نكون في الوادي وبيضة الخمس دقائق عندما نكون على رأس الجبل ؟ لقد عمدنا ، بدلاً من الاعتراف بأننا اناس متقلبون ، الى تغيير القياس ، ولجأنا ، انقاذاً لماء وجهنا ، الى الضغط الجوي ، ثم قلنا ان درجة حرارة غليان الماء تعتبر قياساً تحت شروط ضغط جوي طبيعية ، وان هذه الدرجة تنخفض بانخفاض الضغط الجوي على الجبال . والواقع ان ميزان الحرارة الزئبقي ينبئنا بهذا كله ، ولكنه يترك لنا شيئاً من الخيار ، فاذا جعلنا ميزان الحرارة يشير الى ٢١٢ درجة فارنهيت عندما يغلي الماء في الوادي ثم لاحظنا انه يشير الى حرارة أدنى من ذلك عندما يغلي الماء على رأس الجبل، أيتوجب علينا عندئذ ان نقول بأن الماء قد غلي على حرارة أدنى ام ان الزئبق يتمدد بمقدار أقل تحت تأثير الضغط المنخفض ؟ لقد أخذنا التفسير الاول لا لتفسير حيرتنا في أمر البيض فحسب ولكن لانه يبسط التعبير عن نظرياتنا .

ان المشكلة في ايضاح «الاحتمالية» بمعنى المعقولية مشابه كثيراً لهذا المثل .

فعلينا ان نجد الحالات التي استعملت فيها بشكل واضح ، فالعلماء متوافقون، مثلاً ، على انه كلما ازداد عدد الاختبارات التي تدعم نظرية ما ارتفعت نسبة معقوليتها . اذن يتوجب علينا ان نقوم بمهمة عسيرة هي العثور على قياس رقمي يطابق جميع هذه الاستعمالات ويكون دقيقاً ، مجدياً ، وعلى أكبر قدر ممكن من البساطة . ولقد سبق وأشرنا الى ان كارناب وغيره قد اضطلعوا بهذا العمل ، الا انه لا يزال بعيداً عن الانجاز .

غير ان ثمة امراً واحداً محققاً : فالمفهوم الجديد لا يمكن ان يتطابق مع جميع استعمالات «الاحتمالية». وحتى المفهومين الاثنين للاحتمالية (راجع الفصل الرابع) لن يمكن لهما ان يستنفدا جميع وجوهها ، تماماً كما لا يمكن لمفهوم «الحرارة» ان يستنفد جميع استعمالات لفظة « حار » . فسيتبقى دائماً ، على سبيل المثال ، استعمالات دارجة أو اصطلاحية [1] . ولقد وجّه احد زملائي انتباهي الى الاصطلاح التالي : « سآتي ، في الاغلب ، لرؤيتك غداً » ، الذي لا يشكل قولاً احتمالياً بالمرة ، ولكنه اصطلاح يعني به : «يجب ان اقرر ما اذا كنت سآتي لرؤيتك غداً ، ومع انني لم اقرر نهائياً بعد ، الا انني أميل في هذه اللحظة الى اتخاذ قرار بالمجيء » . وبالمشابهة مع هذا ، يبدو ان مفهوم الحرارة غير وارد عندما يصرخ لاعب النرد فيقول: «أشعر بالحرارة هذه الليلة». ولكان حسبنا لو استطاع مفهوما التكرار[2] والمعقولية ان يستنفدا جميع الاغراض الفنية .

---

١ - Idiomatic

٢ - Frequency

نحن مجبرون ، عندما نتخذ قراراتنا اليومية العادية ، ان نعمد الى تقدير مدى تصديق الفرضيات المختلفة . وقد اقترح كارناب وسيـــلة للكشف عن الطريقة التي يلجأ اليها كل منا لحساب معقولياته ، والمراهنة مثل جيد يضرب على ذلك . لنفرض اذن ان هنالك من يود مراهنتنا على ان فريقنـــا المفضل سوف يربح المباراة الكبرى . فقد لا نقبل في هذه الحال بالمراهنة بنسبة ثلاثة الى واحد أو حتى اربعة الى واحد ، بل نقبـــل بخمسة الى واحد . اذن يجب ان نكون قد قدرنا مدى صدق فرضيتنا بان «فريقنا سوف يفوز» بما يتراوح من ٦/١ الى ١/٥ ، اي اننا قد نكون قدرناها على انهـــا تبلغ ١٨و٠ او ان المعقولية للفرضية بأننـــا لن نربح تبلغ ٨٢و٠ (ويساوي المجموع العـــدد «١» الذي يرمز الى التأكيد المطلق) اي انها تبلغ اكثر من اربعـــة اضعاف احتمال الخسارة ولكن أقل من خمسة اضعافها .

وليست المقامرة هي المثل الوحيد . فلنفرض ان علينا استثمار اموالنـــا في سندات خصوصية او أسهم شركات خاصة . ان الاسهم تعطي فائدة أكبر ، الا ان السندات أسلم عاقبة في حال وقوع ضائقة اقتصادية . وعليـــه يغدو المبلغ الذي نستثمره في كل منها قياساً لمدى المعقولية الذي نعزوه لافتراضنـــا بأننا مقبلون على ضائقة مالية في وقت قريب .

ان أكثر الامثلة شيوعاً في بحث المعقولية تتعلق بالمال ، والسبب في ذلك سهولة الاخذ بقياس رقمي لمختلف النتائج الممكنة . الا انه يتوجب علينـــا ان نقوم بتقديرات للمعقولية حتى حين لا يكون للمال علاقة بالامر . لنفرض ان تلميذاً أتم أربـع سنوات من التخصص في الرياضيات اراد ان يتخـــذ قراراً

بدخول ميدان الصناعة او اعداد نفسه ليغدو بحاثة في الرياضيات . ولنبسّط هذا الامر فنقول ان هنالك عاملين متضاربين فقط فهو يرغب ، من جهة ، ان يغدو بحاثة في الرياضيات ، (ولنخصص علامة « + ١٠٠ » لتحقيق هذه الرغبة) الا انه يخسر ، من جهة ثانية ، المدخول الذي كان خليقاً ان يكسبه من الصناعة خلال السنوات الثلاث التي سيقضيها في البحث. (ولنقدر خسارته بالرقم « — ٣٠») ان على التلميذ ، عند هذه المرحلة، ان يخمن مدى المعقولية لافتراضه بأنه سوف يستطيع انجاز الدراسة التي تؤدي به الى درجة الدكتوراه . فاذا قدّر ان حظه في ذلك متعادل فانه يقرر اكمال دراسته ، اما اذا رأى ان الاحتمال المعاكس يبلغ ١٠ الى ١ فسيكف عن متابعة التحصيل . ان المشكلة ، بالطبع ، ليست على هذا القدر من السهولة ، ذلك ان القضية ، بصرف النظر عن اعتبارات كثيرة اخرى ، قضية مفاضلة بين قيمة كل من الامكانيتين . وقد يفترض ان أكثر الذين يتابعون تحصيلهم لنيل الدكتوراه يعتبرون ان لهذه الشهادة قيمة هي في الواقع أكثر نسبياً بكثير من القيمة التي اعتبرناها في هذا المثال . كذلك فالذين لا يتابعون تحصيلهم ، بالرغم من انهم مؤهلون لنيل الدكتوراه ، أناس يضفون على الاعتبارات المالية المباشرة قيمة أكبر من قيمة الشهادة .

ان درجة المعقولية التي بحثنا في أمر ايضاحها تشكل مقياساً مطلقاً يمكن لنا ان نقارن به معتقداتنا الشخصية . انها درجة الاعتقاد « لكائن كامل العقل »[1] عندما تتوافر له نفس المعلومات المتوافرة لنا بالضبط. وعلى قدر ما تطابق تقديراتنا درجة المعقولية الواقعية للفرضيات تبدو قراراتنا أدنى الى العقل . هنالك طرازان من الاسباب التي تجعل المرء يقرر عدم متابعة

---

١ — Perfectly rational being

التحصيل، فقد يبالغ في تقدير امكانية الفشل أو قد يضفي القيمة الكبرى على المال الذي سيكسبه خلال السنوات الثلاث . ففي الحالة الاولى يكون قراره غير معقول ، ويجوز لنا عندئذ ان نفكر بأنه مصاب بمركب نقص ، اما في الحالة الثانية، فقد ننعته بأنه مادي ، الا اننا نعتبر قراره معقولاً. وهنا يجب ان اؤكد مرة اخرى ان هذا التحليل قد بسّط عن عمد ، وانني قد تجاهلت في سبيل التبسيط مئات من العوامل الاخرى المتعلقة بالموضوع .

ويكشف التحليل الذي قام به كارتاب عن عامل معقد آخر ، حتى حينما يتعلق الامر بالمال . فمن الحقائق الثابتة ان مليونين من الدولارات لا يساويان ضعف ما يساويه مليون دولار بالنسبة لأي كان. ولنفرض اننا نفكر بالسطو على مصرف ما ، فنجد ان مصرفنا المحلي يحتوي على ١٠٠و٠٠٠ دولار يمكن سرقتها ، (علماً بأن المحذور هو ان يقبض علينا ونودع السجن) . ولنفرض ، كذلك ، اننا قدّرنا لحريتنا ثمناً يبلغ مليون دولار . فاذا كان احتمال وقوعنا في أيدي العدالة يبلغ واحد لعشرة قمنا عندئذ بالسطو على المصرف . غير اننا لن نلقي بالاً الى مصرف يحتوي على عشرة ملايين دولار اذا كان احتمال القبض علينا يبلغ عشرة لواحد ، والسبب في ذلك هو ان العشرة ملايـين دولار لا تساوي ، بالنسبة الينا ، مئة ضعف ما تساويه المئـة ألف دولار . فمئة الف دولار قد تعني تحقيق الكثير من أحلامنا ، بل اكثرها على الارجح . انه مبلغ يمكن المرء من ارضاء جميع رغباته ، (ما عدا تأسيس جامعة) . اما العشرة ملايين دولار فانها تحقق حلم تأسيس الجامعة، الا ان ذلك لا يكفي لحملنا على ركوب خطر يبلغ مئة ضعف الخطر الاول .

ويؤدي بنا هذا الى مفهوم « النفعية » بالنسبة للاهداف المختلفة . والنفعية هنا مزيج من القيمة المالية ومقدار ما يعنيه ذلك المال بالنسبة الينا ، ومن قيم

غير مالية بما في ذلـك قيم غير مادية كالحرية مثلاً . وعلينـا ، في كل قرار نتخذه ، ان نخمن مقدار نفعية الاهداف المختلفـة ، وكذلك مقدار التصديق الذي يساورنا بان ترتيباً عملياً معيّناً يستطيع ان يبلغها ، قبـل ان يمكن لنا ان نقوم باختيار معقول .

ان البحث الحالي يكفي ليبيّن ان «المعقولية» مفهوم شائع لدينـا بشكل من الاشكال ، وانه يلعب دوراً غاية في الاهمية بالنسبة لقراراتنـا اليومية . علينا الآن ان نرى الدور الذي يلعبه في مجال الاستقراء .

قواعد الاستقراء

بحثنا ، لغاية الآن ، في «المعقولية» بحد ذاتها ، وعلينا ان نقوم بالامر نفسه فيما يتعلق بالاستقراء قبل ان يمكن لنا جمع المفهومين معاً .

الاستقراء عملية تشكيل النظريات بالاستنـاد الى قرائن المشاهدة . ولقد قيل ، بعض الاحيان ، ان الاستقراء هو عكس الاستنتاج ، فالاستنتاج ينتقل بنا ممـا هو عام الى ما هو محدد ، بينما ينتقـل بنا الاستقراء من المحـدد الى العام . والمثل النموذجي الذي يدعم به هذا الاعتقاد هو التالي : يمكن لنا ، من القول بأن «الشمس تشرق كل يوم» ، ان نستنتج بأنهـا ستشرق اليوم . وغداً ، وبعد غد ، الخ ... ، اذن فالاستنتاج ينقلنا من القضيـة العامـة الى قضايا محددة . أما اذا شاهدنا ، بالمقابل ، ان الشمس تشرق اليوم وغداً وبعد غد ، الخ... فاننا نشكل النظرية بأن الشمس تشرق كل يوم. اذن فالاستقراء ينقلنا من المحدد الى العام .

ولا مجال للنكران بأن هذه العملية تلعب دوراً مهماً في العلم. فالاستقراء، وهو الخطوة الاولى في دورتنا ، يبدأ بمشاهدات هي وقائع محددة ، ثم يتبعها بنظريات غالباً ما تكون قضايا معممة . ثم يأتي الاستنتـــاج ، وهو الخطوة الثانية، فيدفع الينا ببعض الوقائع المحددة القابلة للمشاهدة، والتي هي مترتبات على نظريتنا العامة . الا انه من المضلل ان يقال بأن الاستقراء يقودنا دائماً من المحدد الى العام ، بينما يفعل الاستنتاج عكس ذلك تماماً . فليس يتوجب على النظرية ان تكون دائماً قولاً تعميمياً . فقد يقوم احد علمـاء السياسة مثلاً ، بملاحظة تصرفات الاتحاد السوفياتي بكل عناية فيتوصل الى نظرية تقول بأن الاتحاد السوفياتي سوف يهاجم ايران في أول سبتمبر عام ١٩٦٥ . هذه واقعة محددة ، الا ان لها مقام النظرية الى ان تصدق أو يظهر بطلانهـــا . كذلك فليس يتوجب على الاستنتاج ان يبدأ بقول تعميمي هو الآخر ، فاذا قلنا مثلاً «هنالك خمسة تلامذة على الاقل في الصف» واتبعنا ذلك بقولنا «هنالك سبعة تلامذة على الاكثر في الصف» فانه يمكن لنا ان نستنتج ان الصف يحتوي على خمسة تلامذة أو ستة أو سبعة .

لقد توصلنا قبل الآن الى تشكيل صورة كاملة لطبيعة الاستنتـاج ، فهو يبحث وقائع معينة تشتمل عليها اقوالنا ولا يضيف اليها شيئاً (الا فيما يتعلق بشعورنا ان واقعة معينة هي جديدة نفسياً بالنسبة الينا ، اي اننـــا لم نكن ندرك ان تلك الواقعة كانت في حوزتنا) . وتبدأ هذه العملية في الغـــالب بقضايا عامة ، الا ان هذا ليس ضرورياً لنجاحها . اما الاستقراء فانه ينقلنا من وقائع نعرفها الى وقائع نجهلها ، هي التي نسميها نظريات . وقـــد ينتهي الامر بالاستقراء ان يتوصل الى قضيـــة عامة ، لكن هـــذا امر عرضي بالنسبة لنجاحه .

ومن الجلي ، بعد هذا الوصف للاستقراء ، انه أنفع بكثير من الاستنتاج . فالاستقراء ينبئنا بما لم نكن نعرفه من قبل ، بينما ينبئنا الاستنتـــاج بأمور نعرفها الا اننا لم نكن ندرك أننا على دراية بها . الا ان الاستقراء يبدو اليوم وكأنه ادنى الى السحر منه الى العلم .

وقد يكون أقدم ما حلم به فلاسفة العلم العثور على قواعد تؤمن لنا النجاح في عملية الاستقراء . ومن المفروض في هذه القواعد ان تؤدي بنا الى نظريات وبالشكل نفسه الذي يؤدي الاستنتاج الى مترتبات، كما يفترض فيها ان تؤكد النظريات الناتجة عنها . وقد قام الفيلسوفان البريطانيـــان فرنسيس باكون وجون ستيوارت مِل بالقسط الاكبر من الجهد في البحث عن هذه القواعد ، وتوصل الاخير الى أربع قواعد تؤدي ، مجتمعة ، الى النجاح .

ولننظر الآن في احدى هذه القواعـد ، فنفترض اننا امام ظـــاهرة نود معرفة مسبباتها . فأول ما نقوم به هو أخذ عدة أسباب ممكنة بعين الاعتبار وملاحظة هذه الاسباب خلال تتالي الظاهرة المشار اليها . وهنا نجد «قانون» مِل الاول يشير الى انه اذا كان ثمة سبب مشترك واحد وراء تتالي الظاهرة ، فانه يكون المتسبب فيها . فاذا أردنا ، مثلاً ، أن نرى السبب في ان شخصاً معيناً كثيراً ما يصاب بالزكام، نقوم بملاحظته في عدة مرات يصاب فيها بالزكام، وذلك عن طريق سؤاله ، كل مرة ، عمـــا فعله في اليوم السابق . وسنعتبر من الاسباب الممكنة الطعام الذي تناوله ، والثياب التي ارتداها ، وحالة الغرفة التي نام فيها، وعدد البطانيات التي تدثر بها ، وأوجه نشاطه في اليوم السابق. ولنفرض اننا وجدنا ان ليس ثمة طعام معين تناوله في كل من الحـــالات ، او لباس معين مشترك، وانه كان يتدثر احياناً ببطانيتين واحياناً ببطانية واحدة وان نشاطاته في اليوم السابق كانت نشاطات مختلفة ، ولكن نوافذ غرفتـــه

كانت مفتوحة في كل من الحالات . من كل هذا نستنتج ان سبب زكامه يعود الى مجرى الهواء في الغرفة . وبهذا تكون هذه القاعدة قد ساعدتنا في العثور على السبب، كما انها برهنت على صدق نظريتنا ايضاً لأن جميع الاسباب الاخرى قد استبعدت على انها غير ممكنة .

الا ان الامر ليس بهذه السهولة ، وقد أدرك مِل ذلك بنفسه الى حد ما، اذ ان هنالك أوجهاً عديدة للوقوع في الخطأ . فقد يكون السبب الفعلي أمراً لم يسمع به ، كالتلوث ، او قد يكون السبب في نصف حالات الزكام عائداً الى عدم تدثر صاحبنا ونصفها الآخر مسبباً عن سيره تحت وابل المطر في اليوم السابق . اذن فالقاعدة على حق في قولها ان السبب ليس هذا ولا ذاك بل الاثنين معاً . كذلك فقد يكون مرد الامر الى مجموعة من الاسباب : فقد يكون السبب احياناً التعرض للمطر دون تناول شراب ساخن بعد ذلك، كما قد يكون ، احياناً اخرى ، برودة الليل وعدم التدثر .

هذه مآخذ تتغلب عليها القواعد الاخرى ، الا ان هذه القواعد لا تحدث أي تبدل اساسي في الصعوبات . فلكل وضع معين عدد لامتناهٍ من العوامل التي يمكن ان تكون اسباباً بحد ذاتها . وبالرغم من ان القواعد المشار اليها تطرح بعض هذه العوامل جانباً الا انه يتبقى لنا عدد كبير جداً من الامكانيات. ان هذه القواعد تغدو مجدية فقط في حالة توصلنا الى تخمين حول أي العوامل او اي مجموعات من العوامل كان يمكن لها ان تتسبب في حادث معين، ثم يمكن اللجوء الى القواعد في استبعاد بعض هذه العوامل . ان الجدوى الحقة لهذه القواعد تكمن في استبعاد النظريات الممكنة لا في اقامة الدليل على صحة نظرية معينة، الامر الذي ينزع عنصر السحر منها، ذلك اننا نعلم ان العلم يمكن له ان يؤكد بطلان بعض النظريات العامة ولو انه لا يستطيع البرهان القاطع على صحتها.

والواقع ان هذه القواعد تفترض تحليلاً مفرطاً في البساطة لطبيعة النظريات العلمية . واذا تصفح القارىء أي كتاب في العلم فانه سوف يلاقي صعوبة في العثور على نظريات معبر عنهـا بلغة الاسباب والنتائج ، ذلك لأن نظريات كهذه لا تكون مشوقة الا في مراحل العلم المبكرة . ان قانون الجاذبية يقول بأن ثمة قوة تتناسب طردياً مع الكتلة وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصل بين جسمين . فما هو السبب وما هي النتيجـة ؟ ان هذا القانون ، في شكله المجدي ، يؤدي الى وصف لكيفيـة دوران كوكب ما حول الشمس ، أو ، بالاحرى ، لكيفية دوران كل منهما حول الآخر . ان الكوكب والشمس يحتلان مواقع معينة حددتها مواقعهما السابقة . ولكن أيمكن لنـا القول ان المواقع الحاليـة هي المسببات للمواقع اللاحقة ؟ بامكاننـا ، طبعاً ، ان نسمي «قوة التجاذب» على انها السبب ، الا ان هذا مفهوم خيـالي (كما سنرى في الفصل التالي) لا يشكل سبباً يمكن مشاهدته بالنسبة الى مِل . اذن فنظريات كهذه لا يمكن لها ابداً ان تتشكل بحسب قواعد مِل .

ان النظرة الشائعة عموماً بالنسبة للاستقراء هو ان نتقبل فرضية ما ، أي اننا نقول بها في الوقت الحاضر ، ثم نحاول الدلالة على بطلانهـا فيما بعد عن طريق اجراء التجارب . فنقبـل بها الى ان يتضح بطلانهـا ، حين نستبدلها بفرضية جديدة. وتسمى هذه الطريقة احياناً بطريقة «الاستنتاج الافتراضي»[١]، أي ما معناه ان النظريات ليست الا فرضيات مقبول بها في الوقت الحاضر ، واننا نلجأ فيما بعد الى استنتاج مترتبات منها يمكن اختبارهـا . فاذا كانت النظريات على قدر كافٍ من البساطة ، فان قوانين مِل تفيدنا في استبعـاد الفرضيات المختلفة . وطريقة مِل تنحصر في تقبل عدة فرضيـات متباينة —

---

١ — Hypothetico - deductive method

أي مختلف اسباب الزكام، مثلاً، ثم في محاولة استبعادها واحدة تلو الاخرى. فاذا تم ذلك بالنسبة اليها جميعـــاً فيما عدا واحدة فقط ، فان هذا السبب يغدو النظرية المقبولة . غير انه ليس ثمة أي تأكيد من ان مزيداً من التجارب لن يدحض هذه النظرية أيضاً .

ان مِل لا يحاول الاجابة على السؤال الممتع التـالي : كيف نتوصـل الى تشكيل فرضياتنا في المقام الاول ؟ فنيوتن مثـلاً قد شكل الفرضية بأن قوة التجاذب تعتمد بشكل ما على الكتلتين والمسافة التي تفصـــل بينهما ، بينما الواقع ان هنالك عدداً لامتناهياً من الفرضيات الممكنة نظراً للعدد الذي لا نهاية له من الطرق التي يمكن لقوة التجاذب ان تعتمد فيها على هذه العوامل. الا ان نيوتن ، بمقارنة التكهنات المنبثقة عن هذه الفرضيـات مع المشاهدات المعروفة ، تمكن من ان يستبعد جميع أشكال النظرية ما عدا شكلاً واحداً. والسؤال الآن هو هذا : كيف استطاع نيوتن في المقام الاول ان يشكل هذه الامكانيات المختلفـة ؟ انني مقتنع بأن تشكيل النظريات الممكنة سيظل ابداً محصوراً بعبقرية العالم الخلاّقة . ان القواعد يمكن لها ان تعين على الخيـار ، الا انه ليس ثمة قواعد يمكن لها ان تحل مكان التفكير المبتكر .

التحديد والاستبعاد

ان الذي يحدث غالباً في الجـدل الفلسفي هو ان نعمد اولاً الى تحديـــد موقفنا بشكل مبدئي ثم نحاول ادخال التحسين عليه . لقـد سبق وقلت بأن العلم يمكن له ان يستبعد الفرضيات ، مع انـــه أشير في الفصل السابق الى انه ، نظراً للاخطاء التي تقع لدى اجراء التجارب ، فان ما ندعوه دحضاً لا

يمكن له ان يقطع ببطلان نظرية ما ، بل يجعلها ضئيلة الاحتمال فقط .

واثر التجريب المستمر هو ان يزيد او ينقص من احتمال الصحة لنظرية ما. والاحتمال هنا يشكل مثلاً على الموثوقيـة لا على مفهوم التكرار . ولنتغـاضَ الآن عن القول بأننا جد بعيدون عن مفهوم مُرضٍ للمعقولية ونفترض بالفعل ان الايضاح قد تم بشكل يرضي الجميع . وعليه فاذا اعطينا نظرية معينـة وأعطينـا كذلك نتائج اختباراتنا فان هـذه النتائج تشكل تأييداً محدداً لنظريتنا ، بينما يحدد هذا التأييد بدوره مقدار معقوليـة النظرية . ويعبر عن المعقوليـة برقم يقع بين الصفر والواحد ، حيث يعبر الرقم « واحـد » ان النظرية مؤكدة الصحة ويشير « الصفر » الى انها دحضت نهائياً . اذن فعندما نقول ان النظريات العلمية « محتملة » فقط ، فاننا نعني ان الرقم الذي نعينـه لها لن يبلغ الصفر ولن يصل الى الواحد ، بصرف النظر عن مقـدار القرب الذي يمكن لنا ان نصل اليه من احد هذين الحدين .

ولنفترض الآن اننا امام عدد من فرضيات يمكن اعتمادها في صدد ظاهرة معينة ، كالكيميائي الذي عليه ان يكشف ماهية السائل الذي يحتويه وعـاء معين . ان فرضياته تغدو عبارة عن اعتبار هـذا السائل واحداً من عـدة مركبات معروفة، او مزيجاً من بعضها. وهنالك عدد من الاختبارات المقررة التي عليه ان يجريها يؤدي كل منها الى زيادة او نقصان في معقوليـة كل من الافتراضات المشار اليها وذلك تبعاً لكون النتيجة « ايجابية » او « سلبية » . وقد كان بامكاننا ان نتمثل بالطبيب الذي يبحث عن العوارض التي تمكنه من تحديد ما يشكو منه مريضه من بين عدة علل. ويقال ان اصعب سائل يمكن ان يفحص به تلميذ هو الماء المقطر ، ذلك لأن جميع الاختبـارات تؤدي الى نتائج سلبية بينما يكون التلميذ دائم القلق من ان يكون قد اغفل شيئاً ما او

او ارتكب خطأ . فاذا كان التلميذ جريئاً في قول ما يعتقد بصحتـه فسوف يستنتج ان السائل هو في الاغلب ماء مقطر . انه لا يستطيع التأكيد البات، لأن هنالك بعض المركبات غير الاعتيادية ، او المجهولة حق، التي تعطي نتائج اختبارية سلبية ، كما قد تكون هنالك امكانية ضئيلة ان المواد الكيميائية التي استعملها في التحليل غير نقية ، او ان هنالك هفوة اخرى تدخلت في الامر. اما مشكلة الطبيب المشابهـة فهو ان يقرر أكان مريضه مصاباً بالسوداء[1] ام بأحد الامراض النادرة .

لقد تلخص القرار المتخذ في هاتين الحالتين باختيار اكثر الفرضيـات معقولية . الا ان هنالك حالات اخرى لا يمكن لنا فيها الا ان نستبقي اكثر من فرضية واحدة نعود بعدها فنعين لكل منها درجة نسبية من المعقوليـة . ان الطبيب الذي ينصح باجراء عملية استئصال لورم قد يقول ما يلي: «هنالك احتمال كبير في ان يكون الورم خبيثاً ، الا ان هنـالك احتمالاً اكبر في ان لا يكون كذلك» ان نتيجة العملية قد تغير هذه الاحتمالات بشكل ملحوظ. فقد تكون هنالك عوامل مقنعـة ان الورم لم يكن خبيثاً ، الا ان ظهور تورمات مماثلة فيما بعد قد يجعل الطبيب يعود عن قراره الاول .

ان الجدل العلمي يجيء على طرازين . فقد يختلف العلمـاء حول النظريات الممكنة كما يحدث، مثلاً، حين يرفض عالم ما البحث في فرضية معينة لاسباب فلسفية . هذا أمر لا مسوِّغ له ، لانه يتوجب قبول امكانية أي فرضية يقول بها أي كان — الى ان تدحضها المشاهدة . اما الطراز الثاني فهو حين يختلف عالمان حول أي الفرضيات تنطبق على الدلائل المتوفرة الى ابعد حد . وهنـا

---

١ — Hypochondria

تبدو المنزلة الكبرى لمفهوم المعقولية ، ذلك لأنه وان كان لا يعين في تشكيل النظريات فانه يمكّن من فض الخلاف حول اي الفرضيات المختلفة أكثر معقولية ويشير ، بالتالي ، الى تلك التي يتوجب اعتمادها في الوقت الحاضر .

وقد يمكن لنا القول بأن مفهوماً مقبولاً به للمعقولية يؤدي الى نبذ الحاجة الى التفكير المبتكر في العلم لدى واضعي النظريات ، اي لماذا لا نأخذ جميع الفرضيات الممكنة بعين الاعتبار ونحسب أيها أكثر معقولية ؟ صحيح انه يتوجب علينا ان نحسب مقدار الموثوقية لعدد لامتناهٍ من الفرضيات ، الا ان لدى الرياضيات وسائل لتحديد اي مقدارٍ أكبر قيمة من بين عدد من المقادير ، وحساب التفاضل هذا معمول به في كثير من المسائل الرياضية. غير ان هنالك صعوبتين رئيسيتين ، الاولى انه لا يمكن ان تتشكل جميع الفرضيات في لغة واحدة ، كما رأينا في الفصل الثالث. وهذا ما يبقي اختيار اللغة عملاً خلاقاً. وقد لا يبدو أمر اللغة ذا علاقة بنوع العمل الذي يقوم به العالم ، لكن بعض الاكتشافات العلمية الجديدة مبنية في الواقع على تعابير جديدة . فنظرية النسبية تتحدث بلغة الكميات الممتدة[1]، ونظرية الكم تتحدث بلغة دالّة ، واذا غدت نظرية الالعاب[2] سلاحاً مجدياً في الاقتصاد فستكون لدينا لغة التخطيط. ان مشكلة تحديد أكثر الفرضيات معقولية هي مشكلة قد لا يمكن حلها

---

١ – Tensor

٢ – Theory of Games : نظرية تقوم على دراسة تفاعل عدة احتمالات في وقت واحد، وبالنسبة لاكثر من شخص، كأن يحاول صناعي ما، مثلاً، ان يحدد السياسة الانتاجية المحتملة التي قد يتبعها منافسوه اذا هو اعتمد، بدوره ، سياسة انتاجية معينة. وقد انبثقت هذه النظرية من العاب الحظ التي تعتمد على الاحتمالية الى حد بعيد ، كلعبة البوكر .

– المترجم

بعض الاحيان حتى ضمن اللغة الواحدة ، ولا يمكن لنـا ان نقرر ذلك نهائياً الا بعد ان يتوفر لنا الايضاح . والامر كله يذكرني ببعض المسائل المنطقيـة التي أقيم الدليل على استحالة حلها .

بامكاننا الآن ان نخطط عملية الاختيار العلمية كما يلي: يستند العالم الى عدد من المشاهدات ليشكل عدداً (لامتناهياً في غالبية الاحيان) من الفرضيات ، ثم يختار من بينها تلك الفرضية التي تبدو أكثر معقولية على اساس المشاهدات المشار اليها ، ويعتبرها على انهـا نظريته . وعند ذلك يقوم بوضع تكهنات يعمد الى اختبارها فيقوم كل اختبار بتعديل معقولية الفرضيـة ومعقولية الفرضيات التي تنافسها . وتظل الفرضية معتبرة على انها النظرية العتيدة الى ان تغدو معقوليتها أقل من معقولية فرضية منافسة ، حين تنبذ لصـالح الفرضية الاخرى . وقد تؤدي الاختبارات اللاحقة الى نبذ هذه الفرضية بدورهـا كما قد تعيد النظرية الاولى الى مقامها الاصلي .

هنالك عنصر آخر تتوجب اضافته الى طريقتنا في اعتماد الفرضيات : بما انه يمكن لنظرياتنا الممكنة ان تكون لامتناهية العدد، فقد يحدث ان تكون الكثيرات منهـا على قدر واحد من المعقوليـة . فقد يكون من الواضح ، في قانون الجاذبية ، ان على القوة الجاذبة ان تتضاءل بنسبة قوة رياضية معينة من المسافة تبلغ تقريباً «٢» (أي المربـع) غير انه ليس ثمة معلومات لدينا تجعلنا نؤكد ، حتى على وجه التقريب ، ان هذه ليست في الواقع ١و٠٠٠و٠٠٠و٢. وقد يكون هذا الرقم أقرب تطابقاً مع الوقائع المشاهدة من «٢». ولكن بما اننا نعلم ان الاخطاء التجريبية قد تجعل السبب في هذا عائداً الى غلطة بسيطة في المشاهدة ، نجد بأنه ليس لدينا في الواقع طريقة سليمة لنقرر مـا اذا كان علينا ان نختار ٠٠و٠٠٠و٠٠٠و٢، أو١٠و٠٠٠و٠٠٠و٢ أو٠٦و٠٠٠و٠٠٠و٢.

لذلك ترانا نعمد لاختيار أبسط هذه الامكانيات أي «٢» . ولا شك في ان هذا اختيار تمليه اعتبارات الملاءمة ، الا انني قد بينت في مكان آخر من هذا الكتاب ان هنالك اسباباً منهجية اصلية لاختيار أبسط الفرضيات الموثوقة . ونحن نؤمن بهذه الطريقة لاننا نأمل ان تستطيع التجارب المتلاحقة نبذ جميع القوى الرياضية البعيدة عن القيمة الصحيحة ، الامر الذي يجعل افتراضنا يقترب اكثر فأكثر من القيمة الحقيقية . الا ان هذا لا يخولنا الافتراض بأننا سوف نصل اطلاقاً الى الحقيقة المضبوطة . لقد نجحت في الدلالة بأنه اذا كانت الفرضية الصحيحة واحدة من الفرضيات التي ننظر فيها — أي ، بالنسبة للمثل الذي أوردناه ، اذا كان الاسّ[١] الصحيح يمكن التعبير عنه بامتداد عشري محدد[٢] — فاننا باختيارنا لابسط فرضية موثوقة ، لا نكون قد اقتربنا من الحقيقة فحسب ، بل نكاد نكون متأكدين من العثور على القيمة الصحيحة .

ويمكن لنا ان نلخص هذا كله بقولنا ان العَالِمَ يشكل عدداً من الفرضيات المتغايرة ثم يجري تجارب تزيد في معقولية هذه الفرضيات المختلفة او تُنقِصُ منها. وينبذ العالم جميع الفرضيات التي تكون معقوليتها أدنى بشكل ملحوظ من معقولية فرضية اخرى، الا انه، بدلاً من اختيار اكثر الفرضيات معقولية، نراه يعتمد أبسط فرضية من بين الفرضيات ذات المعقولية العالية .

ويمكن التمثيل على هذا المبدأ بسهولة في الحالات التي يمكن فيها تدوين البينات في مخطط بياني . لنفرض ان لدينا عشر نقاط تقع في خط مستقيم تقريباً. ان الفرضية التي تكون على أعلى قدر من المعقولية هي خط متموج يمر

---

١ — Exponent

٢ — Finite decimal expansion

في جميع هذه النقاط ، مع انها قد لا تكون الفرضية الصحيحة. ذلك اننا قد يمكن ان نحصل على هذه النقاط نفسها حتى لو امكن التعبير عن القانون نفسه بخط مستقيم. فاذا لم تكن النقاط كثيرة التباعد عن الدرب المستقيم فان فرضية الخط المستقيم تغدو على قدر كبير من المعقولية ، ويكون اختياره بالتـــالي أفضل من اختيار الخط المتموج ، التي هي أكثر معقولية الا انها أقل بساطة. ولنفرض من الآن ان المشاهدة التالية التي نقوم بها تؤدي الى نقطة بعيدة عن الخط المستقيم الى درجة تضطرنا للتخلي عن فرضيتنا السابقة . وهنا نعود الى النظر في مختلف الامكانيات، اي في هذه الحال خطوط منحنية تطابق النقاط بشكل معقول ونعمد الى اختيار أنسبها ، الذي نفترض بأنـه قطع مكافىء[1] (ويعتبر هذا على انه الحال الذي يلي الخط المستقيم تعقيداً، لأن الخط المستقيم يُمثَّلُ بصيغة متعددة الحدود من المرتبة الاولى، والقطع المكافىء بصيغة متعددة الحدود من المرتبة الثانية) . ونظل محتفظين بفرضيتنا في المراحل المتلاحقـة طالما انها لا تزال على مبلغ كبير من المعقولية . وعندما تخفق هذه الفرضيـة نستبدلها بالفرضية العالية المعقولية التي تليها تعقيداً. وعليه نجد ان العلم يتقدم باعتماد فرضيات متلاحقة يصل اليها عن طريق الاستقراء ، ومن نبذ لبعضهـا مبني على الاستنتاجات والتحققات التي تبدل ، معاً ، في مقدار المعقولية لدى مختلف الفرضيات . اننا لا نبلغ التأكيد اطلاقاً ، غير ان نظرياتنا تغدو أكثر احتمالية مع الزمن .

تسويـغ الاستقراء

ان العملية التي وصفناها هنا تبدو ، الى حد ما ، معقولة بالبديهة ، الامر

---

١ – Parabola

الذي يسوّغها بعض الشيء . الا ان المشكلة التقليدية لكل تسويغ هي في البرهان على ان الطريقة المقترحة سوف تنجح ، أو في جعلها ، على الاقل ، كبيرة الاحتمال . ألسنا نضع أرواحنا في كف تكهنات العلم كلما ركبنا طائرة أو تناولنا احد العقاقير الطبية أو دلفنا الى فراشنا ونحن مطمئنون الى ان السقف لن يهبط على رؤوسنا ؟

لقد عولجت هذه القضية من عدة وجهات نظر ، اشهرها تسويغ المنهج الاستقرائي بالقول انه قد برهن على جدواه في الماضي. هذا هو اشهر مثل على الحلقة المفرغة في الجدل الفلسفي . فالمنهج الاستقرائي يعتمد ، بشكل عام ، على الفرضية بأن ما كان صحيحاً في الماضي سيكون صحيحاً في المستقبل ايضاً. ونحن، عندما نسوّغ هذه الفرضية بقولنا انها كانت مجدية في الماضي وستكون، لذلك ، مجدية في المستقبل، فاننا نكون قد لجأنا الى نفس الفرضية التي نحاول اثبات صحتها .

وثمة معالجة حديثة برّاقة اخرى هي القول بأن النظريات ليست سوى امور متعارف عليها وان التجارب لا تبين صحة هذه الامور او خطأها ، بل هل هي صالحة أو فاسدة ، وحسب . فاذا كانت النظرية أمراً اتفاقياً متعارفاً عليه ، فليس من سبب عندئذ لكي نتوقع ان تكون التكهنات المبنية على تلك النظرية تكهنات صحيحة .

ولقد تناهى الينا أيضاً الجدل القائل بأن الاستقراء لا يؤدي الا الى تعميات من مرتبة دنيا ، كالتعميم القائل بأن الكواكب تسير في مدارات على شكل قطع ناقص[١] ، وانه يصار فيما بعد الى اثباتها عن طريق استنتاجها من

---

١ – Ellipse ، ويسمى ايضاً «داهليلج» . — المترجم

بعض القوانين (من قانون الجاذبية في هذه الحـال) . ولكن من يمكن له ان يؤكد ان قانون الجاذبيـة صحيح ؟ انها حقاً لسخريـة من القدر ان يكون قانون نيوتن قد دحض بالفعل .

هذا ويمكن لنا ان نجعل تسويغنا مرتكزاً الى مفهوم المعقولية . فبالرغم من ان التكهن غير اكيد ، فانه ذو معقولية او احتمال كبيرين . أفلا يكفي ذلك ؟ ان هذا يبدو وكأنه الشكل الحديث للجدل في حلقة مفرغـة ، ذلك ان الطريقة المتبعة في حساب المعقولية تفترض بأن الماضي يشكل دليلاً يعتمد عليه بالنسبة للمستقبل. اي اننا كلما شاهدنا بأن الشمس تشرق دونما تخلف امكن لنا ان نزداد وثوقاً من افتراضنا بأنها سوف تشرق في الغد. ان المعقولية تدلل على صحة فرضياتنا الاستقرائية لانها صممت بحيث تقوم بهذه المهمة بالضبط .

ومختصر القول ان الاستقراء لا يمكن تسويغه ، فكل ما نستطيع القيام به هو ان نجعله يستند الى فرضيـة معقولة بعض الشيء ، كما رأينـا في الفصل الثالث . وقد تناقش في اي الطرق افضل لتشكيل النظريات الا انـه مهما تكن الوسيلة التي نعتمدها فلن نحيط علماً بأكثر من ان النظريات قد طابقت المشاهدات الماضية وان علينا ان نؤمن بأنها ستكون كذلك في المستقبل . ان تسويغ الاستقراء يصح في حالة واحدة فقط . فبينما يتوجب علينا ان نقبل بصحة فرضيتنا عن ايمان بها نستطيع التنويه بأنه لو لم تكن فرضية كهذه صحيحة لغدت الحياة البشرية مستحيلة . وان الطبيعة لو صممت بشكل يجعل الاستقراءات المعقولة تبدو ، في النهاية ، خاطئـة باستمرار لاختفى الجنس البشري خلال مهلة قصيرة . قد لا يمكن لنا ان نسوّغ هذه الفرضية ، الا ان علينا ان نؤمن بفرضية على شاكلتها اذا أردنا للحياة ان تغدو ممكنة !

٧ مفاهيم العلم

بحثنا في الفصل السابق في تشكيل النظريات ، وليس ثمة ما هو أكثر بداهة من قولنا ان النظريات تحتاج الى كلمات للتعبير بها عنها . غير ان هذه البداهة بالذات قد أدت الى عدم توجيه الاهتمام الى تلك الكلمات . ونجد في بداية هذا القرن ان التشكك قد القى بظله حول بعض المفاهيم في العلم ، فنبذت على انها غير صالحة . ومنذ ذلك الحين غدت طبيعة المفاهيم العلمية من الموضوعات الجدلية الممتعة .

نماذج المفاهيم

مهمة العلم هي تسجيل الوقائع وتشكيل النظريات لتفسير المشاهدات والتكهن بها . وهو يطلب الينا ان نميّز بين عبارات المشاهدة والعبارات النظرية ، وذلك اسوة بالتمييز بين المشاهدات والنظريات .

ويفترض في تعابير المشاهدة[1] ان تصف الاشياء التي يمكن مشاهدتها

---

١ — Observational terms

مباشرة . والسبب في استعمالي لكلمة «يفترض» يعود الى انه ليس من السهل تحديد الامر الذي تمكن مشاهدته مباشرة . فالمشاهدات المباشرة هي تلك التي لا يمكن ان تكون على خطأ ، بمعنى اننا نصرح بما نراه بالفعل في تلك اللحظة . الا اننا عندما ندوّن ذلك على الورق ، فغالباً ما نضيف شيئاً الى ما شاهدنا . وعندما اقول بأن هنالك خزانة كتب كبيرة في الغرفة ، فانني على التحديد أقول ما ليس لي حق ان اقوله . ذلك لأن ما نراه هو كتلة ذات لون بني داكن تبرز منها اشياء على ابعاد متساوية ويبدو انها تشغل حيزاً يبلغ ارتفاعه طول قامتي . كل هذا أكيد الى هنا . أما القول بان هذا الشيء هو خزانة كتب فانه يشكل استنتاجاً قد يكون على خطأ ، فقد يكون الشيء خزانة ثياب مبنية في الحائط أو حتى زخرفة مطلية على الجدار . كذلك فقد لا تكون كبيرة الحجم، بل شيئاً صغيراً وضع امامه جهاز تكبير خداع، أو صورة يلقيها من ورائي جهاز عرض سينمائي ، أو ان يتراءى الشيء كله نتيجة للوهم .

ان ما قمنا بمشاهدته هو انطباع لشيء يشبه خزانة الكتب ، فاذا افترضنا ان الامر ليس وهماً أو خدعة يكون ثمة شيء يشبه ذلك بالفعل . الا اننا عندما نؤكد ان الشيء هو خزانة كتب ، فاننا نستنتج بانها ستبدو بمظهر خزانة الكتب كذلك من زوايا اخرى لم تتح لنا مشاهدتها . ان ما حدث هو اننا تلقينا انطباعاً حسياً ، وبما ان انطباعات حسية مشابهة قد تطابقت مع وجود خزائن كتب كبيرة، فقد استنتجنا ان في الغرفة خزانة كتب كبيرة.

ان التقارير العادية للمشاهدات تنطوي على استنتاجات ، وان كانت على مستوى منخفض ، مبنية على تعميات الحياة اليومية . ومن امتع الاسئلة في نظرية المعرفة السؤال المتعلق بما يمكن ان يشكل مادة المشاهدة الصرفة .

وترى مدرسة الظاهريين[1] في هذا الصدد ان التقارير يجب ان تقتصر على مرد للانطباعات الحسية ، بينما ترى المدرسة الاخرى ، مدرسة الطبيعيين [2] بانه ينبغي للروايات الاساسية ان تنقل خاصات الاشياء الحسية وعلاقاتها. ولسوف نعمد الى تجاهل هذا الخلاف دون ان يكون في ذلك انتقاص من شأنه ، لأنه قد يوغل بنا في مجال الجدل ، وتعتمد ، بدلاً من ذلك ، القول بأن « هنالك خزانة كتب كبيرة في الغرفة» على تقرير عن مشاهدة، علماً بأن تقارير على هذا الغرار قد تكون احياناً على خطأ . وستكون عبارات المشاهدة التي نلجأ اليها كلمات مثل « بُنـّي » ، « كبير » ، « بَيْن » ، « صلب » ، « حلو » « اكثر دفئاً من » ، الخ ... والواقع ان كلمة « خزانة كتب » لا تشكل احدى الكلمات الاساسية في مشاهدتنا، بل هي اختصار لوصف شيء مشاهد، شيء صلب له زوايا قائمة ، مغلق في خمس من واجهاته الست ، ومزود بألواح أفقية بارزة ، الخ » ...

وعندما ننظر في نظريات العلم نجد تعابير من أنواع مختلفة جداً عن السابقة. ولنأخذ قانون نيوتن المشهور في الحركة كمثل على ذلك . ويعبر عن هذا القانون بالصيغة : ق = ك × ت او « تساوي القوة ناتج ضرب الكتلة بمقدار التسارع (معبر عنها بوحدات مناسبة) » . ان العبارات الاساسية الثلاث ، « قوة » ، « كتلة »، و « تسارع » ، تشير جميعاً الى مقادير لا يمكن لنا مشاهدتها بشكل مباشر. ولنتصور خط مسير كرة قذف بها ستان موسيال[3] اننا ، اذا حملناها بكفنا أمكننا ان ندرك وزنها بالتقريب، ثم اذا نحن نظرنا الى ستان موسيال

---

١ – Phenomenalists

٢ – Physicalists

٣ – Stan Musial ، لاعب كرة مشهور في الولايات المتحدة . – المترجم

نراه يسخر قواه لرميها ونشاهد التسارع الملحوظ الذي تنطلق به . الا اننا لا نستطيع تحديداً رقمياً لهذه المشاهدات ، وسنرى ، فيما بعد ، ان تحديد هذه القيم الرقمية أمر جد معقد .

ويبدو ان ثمة تناقضاً منطقياً في تشكيل النظريات ، فمعلوماتنا الاولية يعبر عنها بلغة المشاهدات بينما تتشكل النظرية بلغة مختلفة كلياً عنها . هذا يبدو ، لأول وهلة ، وكأن القول بأن جميع الناس مائتون استنتاج يستند الى مشاهدة بعض النحل تجمع الغذاء من الأزهار . ان الوسيلة الوحيدة لتقبل الاستنتاج هي تزويده « بترجمة » من لغة النظريات الى لغة المشاهدة ، الامر الذي يمكن القيام به بواسطة قواعد التفسير . وقد كانت هذه القواعد مؤخراً موضع دراسة دقيقة ، فاذا نحن امام صورة معقدة جداً .

ويمكن لنا ان نُمَثِّل على ذلك بعبارة « تسارع » . ان قاعدة التفسير تشير علينا بان نلاحظ موقع الكرة في عدة لحظات مختلفة . وفي حال سيرها في خط مستقيم (كما هي الحال تقريباً بالنسبة الى تسديد الى الهدف) ، حسبنا ان نقسم المسافات التي تفصل بين المواقع المتتالية على الزمن الذي تستغرقه الكرة للانتقال بينها ، فنتوصل الى معرفة السرعات التقريبية في تلك اللحظات . وترشدنا القاعدة ، بالاضافة ، الى ان دقة تقديرنا للسرعات تزداد كلما كثر عدد المشاهدات التي نقوم بها . والسرعات الحقيقية هي «حدود» تلك التقريبات. وعليه نتوصل الى معرفة التسارع في مختلف اللحظات بواسطة عملية مماثلة نطبقها على السرعات الحقيقية . اذن فالتسارعات لا تحدد بعدد معين من المشاهدات بل تستخلص عبر عملية رياضية معقدة نطبقها على عدد لامتناهٍ من المشاهدات ، (أي اننا نفترض معرفتنا بموقع الكرة في أي لحظة ، ثم نجري عملية تفاضل مزدوجة) والعلاقة المباشرة الوحيدة مع الخبرة

هي انه بامكاننا التوصل الى تقريب مقبول به للتسارع في أية لحظة شرط ان نكون على استعداد للقيام بالعدد الكافي من المشاهدات. أما العلاقة بين الخبرة من جهة و«القوة» و «الكتلة» من جهة اخرى ، فانها أقل مباشرة من ذلك .

وعلينا ، في هذا الفصل ، ان نقترب من الصورة الحقيقية خطوة خطوة ، وان نضيف التفاصيل الدقيقة خلال مراحل تقدمنـــا . ولقد تمكنا ، لغاية الآن ، من حيازة مجموعــة من تعابير المشاهدة لاستخدامهــا في وصف الوقائع المستمدة من المشاهدة والخبرة ، كما يمكن لنا القول بان النظريات تتشكل ، في بعضها ، من هذه التعابير وفي البعض الآخر من المفاهيم النظرية التي تقتصر على علاقة غير مباشرة بالخبرة . أما الوصل بين هذين الفرعين من التعبـير فيكون عن طريق قواعد التفسير . وكلما اوغلنا في النظريات المتقدمة وجدنا تناقصاً في تعابير المشاهدة ، هذا اذا وجدت اطلاقـــاً ، بينما تغدو التعابير النظرية أكثر ابتعاداً عن الخبرة .

الفلسفة العملية[1]

بدأ العمل الثوري الذي قام به أينشتين باعــادة النظر في مفهوم الزمن . ان جميـع الناس يدركون ما يعنيه المرء حين يقول بأن حادثين وقعا في وقت واحــد ، الا ان أينشتين أثبت ان اقوالاً كهذه غالباً ما تكون خـالية من اي معنى .

عندما يقول شخص مــا انه رفع كلتا يديــه في نفس الوقت ، فان لقوله

---

١ — Operationalism

معنى محدداً واضحاً . الا اننا عندما ننظر في أمر حادثين يقعان في أمكنة متباعدة فقد نجد شخصين يختلفان حول التأكيد بحدوثهما في الوقت نفسه ، وسيكون كلاهما على صواب . ولنعالج هذا التناقض بأن نرى كيف يمكن لنا الجزم بوقوع الحادثين في وقت واحد ، فنفترض بأن ساعة برج الكنيسة تدق في اللحظة التي نصل فيها الى باب منزلنا . هل جرى هذان الحادثان في وقت واحد بالفعل ؟ هنالك ما يغرينا بالجواب ايجاباً ولكن علينا الا ننسى ان الصوت يتطلب بعض الوقت لانتقاله ، واننا عندما نسمع الساعة تدق فان الدقة نفسها تكون قد حصلت قبل ذلك بحوالي ثانية من الزمن . ولكن ألا يمكننا ان نأخذ هذا الامر بعين الاعتبار في حسابنا للزمن الذي يستغرقه انتقال الصوت ؟ الجواب ، في هذه الحال ، هو بالايجاب ، ولكن ماذا يكون من الامر اذا كان مصدر الصوت طائرة هي الاخرى ماضية في مسيرها ؟ اذن لنحاول شيئاً آخر ، فنفترض بأن قائد الطائرة قد نظر الى ساعته عند انبعاث الصوت واننا سجلنا الوقت عند دخولنا الى المنزل لنقابل بين الحادثين فيما بعد. هذا أمر يصح اذا كانت الساعات متواقتة[1]، اي اذا كانت ساعة قائد الطائرة تشير الى الوقت نفسه الذي تشير اليه ساعتنا في تلك اللحظة نفسها ، الامر الذي نغدو معه محاولين تحديد ما تعنيه عبارة « اللحظة نفسها » .

لقد نشأت المشكلة كلها من الخطأ المسبب عن الزمن الذي يستغرقه انتقال الصوت . أفلا يمكن اذن ان نخفف المشكلة باستخدام وسيلة أسرع في المقابلة بين الساعات ، فينخفض بذلك مقدار الخطأ الى الحد الذي نرغبه ؟ ان استخدام وسيلة كهذه كان حلاً مرضياً في معظم المراحل في تاريخ العلم ، الا

---

١ — Synchronized

اننا نعلم اليوم ان ليس ثمة سرعة اكبر من سرعة الضوء ، الامر الذي يعني ان هنالك حداً لا تستطيع ان تتعداه في محاولتك لتخفيض مقدار الخطأ . وانه لمن حسن الطالع ان الضوء يسير بسرعة كبيرة (انه يقطع المسافة بين الشمس والارض في ثماني دقائق) الى درجة يمكن معها تجاهل الخطأ بالنسبة للاغراض العملية العادية . الا انه ليس ثمة خطأ لا يعتد به بالنسبة للعلم اذا كان من المستحيل تخفيفه .

ولنحاول اخيراً ان نحدد هل كان الحادثان متواقتين ، بان نضع مراقباً في منتصف المسافة الفاصلة بين مكان وقوعهما . وعندها لا يعود الزمن الذي تستغرقه الاشارات في سيرها أمراً ذا بال طالما انها تسير بسرعة واحدة . فاذا انطلقت الاشارتان عند وقوع الحادثين على شكل وميض من نور فليس على المراقب الا ان يتأكد من وصول الاشارتين اليه في اللحظة ذاتها . ان هذا يبدو مقنعاً بحسب الاعراف التقليدية، لكنه لا يشكل حلاً للتناقض المذكور ، ذلك لأنه حل صحيح اذا كنا نعلم بأن المراقب ثابت في مكانه ، اما اذا كان يتحرك فانه ، بالاستناد الى التفكير التقليدي، سوف يلتقي باحدى الاشارتين (الاشارة التي يكون متجهاً نحوها) قبل التقائه بالثانية . غير ان الحركة أمر اثبتت نسبيته ، ذلك انه يمكن لنا ان نعرف اذا كان قطاران يتحركان واحدهما بالنسبة للآخر ، أو بالنسبة للارض، اما الحركة الصرفة فعبارة خالية من أي معنى. اذن فلا نزال نجهل هل وقع الحادثان في اللحظة ذاتها بالضبط.

والاستنتاج الذي توصل اليه أينشتين في هذا الصدد هو ان حادثين يبدوان متواقتين بالنسبة الى مراقب معين ، قد لا يبدوان بالشكل نفسه بالنسبة الى مراقب آخر . هذا ، بشكل مبدئي ، هو الاثبات الذي اقنع علماء الفيزياء

المعاصرين بان الزمن المطلق، كما تخيلته اجيال متلاحقة من العلماء وعامة الناس، هو تعبير تجريدي لا ينطبق عليه اي شيء قابل للقياس في الطبيعة .

ويرجع دعاة الفلسفة العملية اصل عقيدتهم الى اثبات أينشتين هذا . وترتكز هذه الفلسفة على الاعتقاد بان الصلة بين مفهوم علمي والتجربة ينبغي ان تكون بواسطة عمليات معينة ومحددة تدلنا على كيفية تطبيق ذلك المفهوم. واذا كان الامر بسيطاً بالنسبة لتعابير المشاهدة الفعلية فان الصعوبة هي في توفير هذه «التعاريف العملية» للتعابير النظرية. فاذا كان على عالم البيولوجيا ان يستعمل لفظة «ذوات الاثداء»[1] وجب عليه ان ينبئنا بالضبط عن الكيفية التي تستطيع بها ان تحدد ما اذا كان حيوان معين ينتمي الى فصيلة ذوات الاثداء .

وغالباً ما تعرف الفلسفة العملية بأنها الفلسفة التجريبية مفرغة في قالب حديث . والتجريبية هي المدرسة التي تؤمن بأن على المعرفة جميعاً ان تكون مستمدة من الخبرة ، ونجد اليوم بأن هذا الاعتقاد ، بأشكاله المختلفة ، هو لا شك أكثر المرتكزات شيوعاً في الفلسفة الحديثة . ويقيم دعاة الفلسفة العملية الحجة، بأنه يتوجب ان تكون جميع المفاهيم المفيدة مستمدة من الخبرة هي ايضاً ، ولذلك فهم يصرون على وضع تعاريف عملية لجميع المفاهيم النظرية. ومما لا شك فيه انه على هذه المفاهيم ان تكون مرتبطة بشكل ما مع الخبرة اذا كان عليها ان تقوم بوصفها ، وقد ادى دعاة الفلسفة العملية خدمة كبرى بتوجيه الاهتمام الى هذا الامر بشكل صريح . غير ان الجدل لا يزال قائماً حول ما يجب لهذه العلاقة ان تكون .

ومن الملاحظ ان لدى البشر ميلاً للتعبير المتطرف عندما يتعلق الامر

---

١ – Mammals

بشيء جديد ومهم. ويبدو ان ما يتطلبه دعاة الفلسفة العملية من قواعد جلية التبيان كشرط لاستعمال المفاهيم العلمية هو مثل على هذا . ولسنا نجد ، عملياً بأن ثمة مفهوماً مثمراً يستجيب كلياً لمتطلبات دعاة الفلسفة العملية هذه . ولا يستلزم الامر منا اكثر من تفحص البحث في مفهوم « الطول » الذي وضعه بريدجمان ، وهو المعتبر في طليعة دعاة هذه الفلسفة . ولسوف نجد ، كما رأينا لدى البحث في « التسارع » ، أنه لا يمكن التوصل الى القيمة بالضبط الا بعد ان نكون قد أجرينا عدداً لامتناهياً من العمليات، وهو أمر يستحيل. لذلك فأفضل ما يمكن السعي اليه ان تكون القيم على المقدار المرغوب من التقارب مع القيمة المضبوطة . ولكن هذا الشرط نفسه يبطل المفهوم الكلاسيكي للزمن ، ذلك لأن وجود سرعة قصوى يضع حداً لمقدار التقارب الممكن ، كما يؤدي الى بروز مشاكل أشد خطورة من هذه .

ما هي الطريقة التي يمكن اتباعها لقياس الاطوال ، ولو بشكل تقريبي ؟ بالامكان ، مثلاً ، ان تعتمد قضيباً طوله يرد واحد ونضعه بمحاذاة الشيء الذي نود قياس طوله ثم نعد المرات التي تنقل هذا القضيب فيها على طول الشيء المراد قياسه ، دون ان نأخذ بعين الاعتبار كسور الياردات . ولكن أي قضيب نختار ؟ فهنالك قضيب معدني رسمي في باريس طوله متر واحد، الا انه ثمين جداً ولا يستعمل بتاتاً. اذن فعلينا ان نعتمد قضيباً بنفس الطول ونلجأ لاستخدامه . ولكن كيف لنا ان نتأكد بأن ذلك يؤدي الى نفس النتيجة ؟ كيف لنا ان نتأكد بأن المادة المستعملة لصنع القضيب والطريق الذي يسلكه للوصول الى الشيء المراد قياسه لا يؤثران في النتيجة المذكورة؟ والجواب على ذلك هو اننا نعود الى نظرياتنا لنرى هل لهذه العوامل اي تأثير على الطول ، ونجد من ينبئنا بأن الطريق الذي نسلكه لا يؤثر على الطول

بالمرة ، الا ان المادة المستعملة في صنع القضيب قد تؤثر في عملية القياس ، عندما يكون الطقس شديد الحرارة مثلاً . ولكن هذه كلها حلقة مفرغة ! فها نحن اولاء نحاول تحديد الطول وعلينا ، في تطبيق هذا التحديد ، ان نأخذ بنظريات تحتاج هي نفسها الى مفهوم الطول الذي لا يزال بحاجة الى تحديد . كيف لنا اذن ان نفهم معنى النظريات قبل ان ندرك ما هو الطول، وكيف يمكن لنا ان ندرك ما هو الطول قبل ان تكون لدينا هذه النظريات؟

وهنالك حالات عدة لا تجدي فيها قضبان القياس . فأي قضيب يمكن له قياس قطر الذرة أو المسافة بين نجمين ؟ ان هذه الاطوال تتحدد بواسطة وسائل غير مباشرة ومعقدة ، بينما تنبئنا النظريات ان هذه الوسائل تؤدي الى نفس النتائج كما لو لجأنا الى استخدام قضيب القياس . ففي حال النجمين مثلاً ، فاننا نشاهد بعض النور من خلال أجهزة التليسكوب ونتوصل الى تحديد مسافة ما بالاستناد الى حسابات طويلة مبنية على قوانين البصريات وعلم الفلك . ولا يستبعد ان تتمكن سفن الفضاء في المستقبل من قياس هذه المسافة بالفعل بمقياس (ولو كان ذلك يتطلب بضع ملايين من السنين) ، اما الآن فليس لنا الا نظرياتنا لتؤكد لنا بأن النتيجة ستكون مطابقة لتقديراتنا الحالية.

اننا ، في قياساتنا اليومية العادية ، كما في أدق المختبرات ، لا نتورع عن استبدال قضيب بآخر أو عن وضع عدد من القضبان واحداً بعد الآخر بدلاً من نقل القضيب الاول . وعندما نفترض بأن هذا يؤدي ، بالرغم من ذلك ، الى قياس صحيح للطول ، فاننا نكون قد افترضنا وجود النظريات ، ولو انها ، في هذه الحال ، نظريات جرى التثبت من صحتها الى حد بعيد. ويقول بريدجمان في هذا الصدد : « ان ما نعنيه عادة باي «مفهوم » لا يعدو مجموعة من العمليات» . ثم يتابع قائلاً : «واذا توافر لدينا أكثر من مجموعة واحدة من

العمليات يكون لدينا اكثر من مفهوم واحد .. » غير ان هذا يؤدي ، لو طبق ، الى ابطال اكثر ما يقوم العلماء به في الواقع .

ان تشكيل المفاهيم والنظريات التي تستخدمها عمليتان متلازمتان كما ان تقدم العلم يبدل في كل من المفاهيم والنظريات، لأنه من غير الممكن ان يصار الى التفريق بينهما . فنحن قد توصلنا بالحدس الى تشكيل مفهوم للطول ثم وضعنا النظريات القائلة بأن قياس الطول مستقل عن عوامل جديدة، كالمادة التي صنع منها القضيب ، والطريقة التي ينقل بها ، وعدد القضبان المستعملة ، والاتجاه الذي يشير اليه ، ودرجة الحرارة ، وهل الذي يقوم بالقياس رجل ام امرأة، والآراء السياسية التي يعتنقها كل منهما. الا انه سرعان ما تبين انه من الضروري ادخال التعديل على مجموعة النظريات هذه ، فكان أسهل تدبير ان نقر بأن للمادة التي صنع منها القضيب ولدرجة الحرارة كذلك تأثيراً في قياس الطول، الامر الذي تطلب وضع نظريات جديدة « لتصحيح » القياس بالنسبة لدرجة الحرارة . وقد تطلب الامر في وقت لاحق (عام ١٩٠٥، وهو العام التاريخي لاعلان النظرية الخاصة في النسبية) ان نقر بأن حركة انتقال القضيب يمكن لها ان تؤثر في قياس الطول . فاذا صحب قائد سفينة فضائية سريعة قضيباً طوله متر واحد وحاولنا نحن من على سطح الارض ان نقيس طول هذا القضيب في طيرانه فسيهولنا ان نجد بأنه قد تقلص . الا انه من حسن الحظ ان يعود الى طوله الاصلي عند انتهاء الرحلة . لقد حير هذا الامر جيلين من عامة الناس وعدداً كبيراً من العلماء ايضاً . والواقع ان هذا يعني ان نتائج القياس تعتمد على الحركة كما تعتمد على درجة الحرارة . الامر الذي يزيد في تعديل مفهومنا للطول فتنشأ عن ذلك نظريات جديدة ، لأن التغييرين متلازمان .

ويرجع دعاة الفلسفة العملية جهودهم الى جهود أينشتين ، مع ان أينشتين لم يكن من جماعتهم . وقد اجاب أينشتين على مقـال كتبه بريد جمان فحدد موقفه كما يلي : «اذا أردنا ان نعتبر نظاماً منطقياً ما على انه نظرية فيزيائية ، فليس من الضروري ان نشترط على كل تأكيداتـه ان تكون قابلة ، بشكل منفرد مستقل ، للتعليل والفحص «العملي» . ان هذا امر لم تتمكن أية نظرية في الواقع ان تصل اليه ، ولن يمكن تحقيقه اطلاقاً . ان اعتبـــار نظرية ما على انها نظرية فيزيائية لا يتطلب اكثر من ان تتضمن تأكيدات يمكن التحقق منها بشكل تجريبي عام . ولا شك بأنه من المعترف به ان تكون النظريات مرتبطة بالضرورة مع التجربة ، وان تكون هنالك تكهنـات مستخلصة من النظريات يمكن فحصها بواسطة عمليات محددة دقيقة مضبوطة . الا ان الامر لا يوجب ان يحدد كل مفهوم بهذا الشكل أو ان يكون كل قول أو تصريـح قابلاً للفحص بهذه الطريقة .

ونحن نجد ان اكثر النظريات ، ان لم نقـــل كلها ، قد صيغت في قالب تعابير نظرية ، ترتبط مع التجربة عن طريق قواعد التعليل . الا ان هذا لا يعني قط بأنه يمكن تفسير هذه النظريات بواسطة تعابير قابلة للمشاهدة الفعلية . ولو أمكن ذلك لما غدت التعابير النظرية اكثر من تعابير اختصارية[1] . أما الواقع فهو ان النظريات تؤدي ، بواسطة القواعد ، الى تكهنات بالمشاهدات الفعلية ، التي يمكن التثبت من صحتهـا بالتجربة . ولنعد الى المثـــل الذي اخذناه عن الكرة البيسبول في انقذافها . فاذا طبقنا قانون نيوتن: ق=ك×ت فاننا نتوصل الى عبارة مثل ت=٦٫٣ في لحظة معينة . ولكننا رأينا ان امراً

---

١ — abbreviations

كهذا لا تمكن مشاهدته بشكل مباشر ، الا انه ينبع من تطبيق القانون ان تبلغ السرعة الوسطية ستين قدماً في الثانية بالقرب من مكان معين . وتنبئنا قواعد التعليل اننا اذا عمدنا الى قياس الوقت الذي يستغرقه انتقال الكرة في طيرانها مسافة ثلاثة اقدام قبل النقطة المعينة وبعدها فان ذلك الانتقال سوف يستغرق $\frac{١}{١٠}$ من الثانية . هذا القول الاخير معبر عنه بشكل تمكن مشاهدته فعلياً والتثبت من صحته بكل سهولة .

اما النظرية التي ليس لها مترتبات يمكن قياسها بدقة نظرية فليس فيها ما يمت الى الخبرة بصلة . اما اذا كان لها مترتبات يمكن قياسها وجاءت كل تكهناتها صحيحة ، فلا يعود ثمة أهمية بالنسبة لما يمكن ان يصدر عنها من اقوال غير قابلة للتحقق . ان الشرطين اللازمين هو ان لا تقول النظرية الا بالتكهنات الصحيحة وان تكون كأبسط ما يمكن لها ان تكون . وكثيراً ما يفترض بأن الملحقات الاضافية من الاقوال غير القابلة للتحقق (والتي لا نفع منها بالتالي) تجعل النظرية معقدة اكثر مما ينبغي. الا ان قليلاً من التبصر يكفي لاقناعنا بأن هذا القول بعيد عن القبول.فعندماتكون الكرة في مسيرتها منطلقة في الهواء ، فانه لا يمكن لنا التحقق الا من عدد محدود من المواقع التي تمر فوقها ، ومع ذلك نجد من الاسهل علينا ان نضع نظرية لخط المسيرة بأكمله لا بالنسبة للمواقع التي يمكن التثبت منها فقط ، حتى ولو لم نتمكن من التثبت منها جميعاً . الا اننا نعلم انه لا يمكن القيام بقياس مضبوط لمفاهيم كمفهوم السرعة ، وحتى المفاهيم التي لا يمكن قياسها اطلاقاً بشكل مباشر قد ثبت على انها مفيدة لدرجة ان العلم كان لولاها عرضة لتأخر يدعو للاسف .

ولقد رفض بعض الاوائل من دعاة الفلسفة العملية القبول بالنظرية الذرية

لأن المفاهيم التي تستند اليها غير قابلة للتحديد بواسطة عمليات حسية ، أي ، بكلمة اخرى ، لأن الذرات غير مرئية . غير ان هذه النظرية تغلبت على كل انتقاد . وقد تكون عوامل الوراثة (الجينات)[1] خير مثل على جدوى المفاهيم غير القابلة للتفحص العملي . فنحن اليوم لا نستطيع رؤية هذه الجينات ولا يضيرنا ان لا نراها اطلاقاً ، ذلك لأن النفع من علم الوراثة يظل على ما هو عليه ويظل لدى النظرية عدد من الاقوال التي لا يمكن التثبت منها كالقول مثلاً بأن «لدى هذه الزهرة جينات للون الاحمر وجينات اخرى للون الابيض». الا اننا اذا طبقنا قواعد التفسير وجدنا ان تكهنات كالقول بأنه « سيكون حوالي ربع النسل سائداً[2] ، والنصف هجيناً[3] والربع كامناً[4] » . انما هي تكهنات يمكن التعبير عنها بواسطة المشاهدة بأن ثلاثة أرباع النسل سيكون زهوراً حمراء والربع زهوراً بيضاء .

ولنأخذ مثلاً صندوقاً محكم الاغلاق احكاماً يجعل فتحه مستحيلاً دون اتلاف جميع محتوياته . اننا عندئذ نراقب كيفية عمل هذا الصندوق فنجد انه يستطيع ، مثلاً ، ان يقوم ببعض العمليات الحسابية وعندها تغدو أسهل نظرية يمكن لنا تشكيلها هي محاولة تخمين شكل الاجهزة التي يحتويها الصندوق ، حتى ولو تعذر التحقق من ذلك بشكل مباشر . وقد تكون النظرية التي نتوصل اليها ان الصندوق يحتوي على جهاز حساب كهربي من طراز معين، الا انه لا سبيل لنا للتحقق من ذلك، كذلك يمكن لنا ان نخمن

---

١ — Genes
٢ — Dominant
٣ — Hybrid
٤ — Recessive

كيفية تصرف هذا الصندوق في ظروف مختلفة . فاذا دفعنا اليه ، مثلاً ، ببطاقة مثقوبة بالرقم «٣» وبالرقم «٥» في أعمدة معينة فاننا نسمع أصوات تكتكة تصدر عن الصندوق ، ثم اذا ببطاقة تخرج منه وعليها الرقم «١» والرقم «٥» وقد ثقبا في عمودين متتاليين . ونظل على تمسكنا بالنظرية طالما انه يمكن التحقق من التكهنات ، حتى ولو كان يستحيل الوصول الى داخل الجهاز . اما النظرية القائلة بأن الصندوق يحتوي على شبح فهي نظرية مرفوضة علمياً لأنه ليس من مترتبات يمكن التثبت منها .

المفاهيم الوهمية

رأينا كيف ينبغي للنظريات ان تكون مرتبطة بالخبرة عن طريق تكهنات قابلة للمشاهدة. الا اننا لم نقل انه ينبغي لكل ما يصدر عن النظرية ان يكون قابلاً للتثبت او انه يتوجب على جميع المفاهيم ان تكون قابلة للتحديد العملي. ان كثيراً من المفاهيم التي يقبل بها دعاة الفلسفة العملية هي في الواقع مفاهيم يمكن وصفها بأنها « وهمية » . ومفهوم « القوة » مثل جيد على ذلك .

يصرح قانون نيوتن المشهور للحركة بأن ق = ك × ت ، حيث يرمز «ق» الى القوة ، و «ك» الى كتلة الجسم المعرّض لتلك القوة ، و «ت» الى التسارع معبراً عنه بوحدات مناسبة. لقد سبق وبحثنا كيف يصار الى قياس التسارع، فلنتجاهل لبرهة وجيزة الصعوبات التي تعترض التحديدات العملية فنسأل انفسنا عن الكيفية التي يمكن لنا بها ان نقيس الكتل والقوى ، فاذا عدنا الى دعاة الفلسفة العملية وجدنا بأنه يتوجب ان نتوصل الى تحديد دقيق لهذين المفهومين قبل ان نستخدمهما في قانون ما . اننا نحدد كتلة ما بمقارنتها مع

كتلة متعارف عليها . فاذا تعرضت الكتلتان لنفس القوة، واذا بلغ التسارع في الاولى ضعف مبلغه في الثانية نستنتج بأن الكتلة الثانية تبلغ ضعف الكتلة الاولى. كذلك فنحن نقيس القوة بمقارنتها بقوة متعارف عليها، فاذا عرضنا كتلة معينة لهاتين القوتين ، واذا أدت القوة التي نحاول قياسها الى تسارع في الكتلة يبلغ ضعف التسارع الذي أدت اليه القوة التي اتخذت وحدة للقيـاس ، فاننا نستنتج بأن القوة التي نحاول قياسها من القدر ٢ اي ضعف الاولى . صحيح ان هذه تحديدات عملية ، الا انها تستند استناداً ضمنياً الى القانون !

والواقع اننا لم نستخدم للآن الا حالتين خاصتين من القانون المشار اليه . فقد اعتمدنا بأن التسارع ، بالنسبة لكتلة معينة ، يتناسب طردياً مع القوة ، وانه بالنسبة لقوة معينة ، يتناسب عكسيـاً مع الكتـلة . هذا فيما يتعلق بالتحديدات ، اما صيغة القانون ، ق = ك × ت ، فانها تتضمن اكثر من هذا بكثير ، لانها تمكّن من المقارنة بين قوة تؤثر على كتلة معينـة وقوة اخرى تؤثر على كتلة مختلفـة . والواقع ان قانون نيوتن هذا يستخدم لاغراض ابعد مدى من هذه . فلنفترض اننا ندفع بكرة بليار فنبعث فيها تسارعاً معيناً ثم ندفع بكرة ثانية لها نفس الكتلة ولكن بشكل يبعث فيها تسارعـاً اكبر . ان الاستنتاج ، لا شك ، هو ان الدفعة الثانية كانت اقوى الدفعتـين ، سواء أجرى ذلك عن عمد ام عن غير عمد .

وانه لمن العسير جداً ان نتهرب من الاستنتـاج بأن قانون نيوتن ليس نظرية بـل هو تعريف للقوة ، ذلك لأنه يُمكّن من تحديد عملي لمرتبـة قوة معينة . ان هذا «القانون» كان يغدو قانوناً بحق لو ان لدينا وسيلة لقياس قوى تكون مستقلة عن القانون ، اما في شـكله الحـالي ، فان هذا «القانون» ليس الا تعارفاً حول الوسيلة الواجب اتباعها لقياس القوى. ومما يزيد الامور

تعقيداً هو استحالة قياس الكتلة دون اللجوء الى هذا القانون ، مع انه يكفي ، في هذه الحال ، ان نعتمد قوة ثابتة (القوة الجاذبة في مكان معين على سطح الارض) ثم تحدد الكتلة ، عملياً ، بالاستناد الى هذه القوة . ان هذا التحديد ليس الا وصفاً لعملية الوزن . فاذا اقررنا بذلك عمدنا الى كتلة نختارها كيفما اتفق ثم أخذنا بتحديد الكتل الاخرى بوزنها في مكان معين ، كمختبر الفيزياء ، مثلاً ، في جامعة موقعها في وسط البلاد . اننا ، عند ذلك ، نكون قد توصلنا الى تعريف عملي للكتلة والتسارع ، فتغدو الصيغة «ق=ك×ت» صالحة للاستعمال كتعريف للقوة .

ولكن أيعني كل هذا بأنه ليس لهذا القانون أي محتوى واقعي على الاطلاق؟ ان الامر ليس تماماً كذلك ، لأنه لا يمكن لنا ان نشترط بأن تكون عبارة ك × ت ثابتة القيمة في جميع الاحوال الا اذا اضاف المرء الى العملية شعوراً حدسياً يؤكد بأنه قد استخدم «القوة نفسها» مرتين متواليتين. ان هذا الشعور الحدسي ينبثق ، دون شك ، عن تجاربنا في بذل القوة الحسية ، ذلك لأنه يمكن لنا ان نحكم ، بشكل تقريبي ، هل دفعنا بكرتي البليار بالشدة نفسها ، اذ لا يمكن القبول بأي تحديد للقوة لا يطابق شعورنا مطابقة معقولة . وعليه فاننا نتوقع ان القوى العاملة على وضع اشياء مختلفة في وضع مماثل هي قوى متساوية . غير ان هنالك شواذ مهمة بالنسبة لهذا الامر ، وفي كل من هذه الحالات نجد أننا نتخلى لا عن قانون نيوتن ولكن عن فكرة تساوي القوى. ان قوة الجاذبية التي تؤثر ، مثلاً ، على اشياء مختلفة يلقى بها من النافذة تختلف باختلاف كتلة كل من هذه الاشياء. كذلك تتوقف القوى الكهرطيسية على مقدار الشحنة التي يحملها جسم ما وعلى المادة التي صنع الجسم منها . ان حالات كهذه هي التي تثبت قطعاً ان الصيغة ق=ك×ت هي ، في التحليل النهائي ، عبارة عن تعريف .

اذن ما الذي يجعل هذا «القانون» ذا فائدة ؟ لانه ، بالاشتراك مع قوانين اخرى ، ينبئنا بالكثير عن الخبرة . فقانون نيوتن للجاذبية ، مثلاً ، ينبئنا ان قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصل بينهما . فاذا استبدلنا القوة في هذا القانون بعبارة ك × ت نحصل على تعبير للتسارع الناشيء عن الجاذبية، وهو قانون جد مهم. ولكن هذا القانون لم يعد يحتوي على تعبير للقوى ! من هذا نستدل على أنه يمكن التعبير عن التجارب الواقعية دون اللجوء الى مفهوم القوة ، اي ان القوة ، بكلمة اخرى ، مفهوم خيالي يقوم مقام ك×ت . وقد نشأ نتيجة للتجارب النفسانية التي نمر بها عندما نبذل قوة ما . فاذا بنا نحوّل هذا الشعور بالاجهاد الى الطبيعة عندما نتكلم عن قوة التجاذب أو القوة الكهرطيسية . وقد يكون هذا التدبير مفيداً من ناحيته النفسانية ، الا انه غير ضروري منطقياً ، ذلك لأن قانون نيوتن هو الذي يحدد «القوة» ، وعلينا ان نبحث ، في كل مرة ، عما تستند اليه هذه القوة . كذلك كنا نستطيع اغفال مفهوم القوة لنحدد مباشرة ما يستند اليه التسارع . ففي حال نابض لولبي[1] يحمل ثقلاً معيناً نجد القوة تتناسب طردياً مع مقدار تمدده ، لذلك ، وبما ان ق = ك × ت ، فان التسارع يتناسب طردياً مع تمدده وعكسياً مع كتلة الجسم . ان جميع التكهنات القابلة للمشاهدة تتبع من هذا القانون الاخير ، لذلك فان مفهوم القوة يغدو من نافلة القول . وكل ما نستطيع قوله هو انه لما كان التسارع في الغالب يتناسب عكسياً مع الكتلة فان حاصل ضرب هذين العنصرين يشكل كمية يصح ان تكون لها تسمية معينة .

وكثيراً ما نلجأ نحن الى هذا التدبير في مجادلاتنا اليومية . لنفترض ، على

---

١ — Coil spring

سبيل المثال ، اننـا قررنا تصنيف البشر الى « طـُرُز » . سنجد عندئـذ ان الامر يستند عامة الى الملاحظات بأن بعض الخاصات غالباً ما تتـلازم . ولو كانت لدينا نظرية كاملة حول الموضوع لصنفنـا كل كائن بشري في طرازه المعين ولغدا بامكاننا عندئذ ان نُلمّ بالكثير عنـه بالرجوع الى القوانين التي وجدناها تنطبق على من هم من طرازه. ويمكن لنا ان نقول كل هذا ، بالطبع اذا نحن تكلمنا عن هذا المزيج من الخاصات او ذاك ، وليست كلمة « طرز » الا تسمية مناسبة لمجموعات متباينة شائعة من الخصائص البشرية . اذن فعندما نحاول التأكيد بأن قولنا « ان الطراز الفلاني له الخاصات الفلانيـة » انما هو قانون ، فاننا نكون قد خلطنـا بين القوانين والتعاريف ، تماماً كما حـدث في حالة ق = ك × ت . وانها لاحدى الخصائص النموذجية للدراسة العمليـة للانسان ان نجد كثيرين من العلماء وقد أخذوا بما قد تحقق من تقـدم في حين ان كل ما قد حصل لا يعدو وضع مجموعـة جديدة من التعاريف . ان محك المفاهيم الجديدة هو في النظريات التي تنبثق عنها . واذا نحن تمكنـا من وضع نظريات قوية حول الشخصية عن طريق هذه الطرز ، فان النظريات هـذه تكون تخيلات فيها بعض الفائدة ، والا فليست أكثر من تمارين عقيمـة في تحديد التعابير .

قواعد التفسير

سبق وأقررنا انه اذا كانت مطالب دعاة الفلسفة العملية صارمة أكثر مما ينبغي لها ، فانه يظل علينا ان نتطلب وجود روابط محـددة بين النظريات والمشاهدات. وتسمى القواعد التي تستند اليها هذه الروابط «قواعد التفسير».

وتنبئنا هذه القواعد أياً هي الاقوال التي تعبر في لغتنا عن ظاهرات قابلة للمشاهدة ، وأياً بينها بالضبط هي المشاهدات التي تثبت صواب التكهنات او خطئها . ان اقوال العرافات القــديمة غدت مشهورة لانهـا كانت تؤدي الى تكهنات دون ان تزودها بقواعد للتفسير . وبما ان التكهنـات كانت معبرة باللغة العامية فقد بدت معقولة . اما الواقع فهو انها قد صيغت بشكل يجعل التكهن قابلاً للتكيف بحيث يبدو صحيحاً مهما حدث . وبالطريقة نفسها نجد ان نظرية علمية ما يمكن لها ، اذا لم تكن مربوطة الى التجربة بشكل واضح ، ان تكيف بحسب الوقائع بعد ان يجرى اكتشافها .

وتشكل نظرية فرويد مثلاً على مـا سبق ، ولكن ليس بالشكل الذي يفسرها به الاخصائي الكفؤ في التحليل النفساني ، وانما بالشكل الذي يفهمها به الناس عامة . ولنطبق هذه النظرية على تفسير الاحلام ، على اساس ان كل حلم مسبب عن الجنس . لنفرض ان شخصاً ما رأى في منـامه انه يعمـل في مصنع للطائرات وانه متّهم بالاتيان بأعمال تخريبية ، في حين انـه يعلم يقيناً ان لديه اثباتاً قاطعاً بأنه كان في مكان آخر ليلة الجريمة ، الا انه لا يتذكر ما هو ذلك البرهان ، فالى هنا نجد ان الجنس ما زال بعيـداً عن الموضوع . ولكن ما هو السبب ، في المقام الاول ، في انه حلم بطائرة ؟ اذن متى ركب الطائرة آخر مرة ؟ انه لم يركبها قط . اذن متى كانت آخر مرة قضى فيهـا بعض الوقت يتأمل الطائرات ؟ يبدو ان ذلك كان في احد المتاحف. وعندما يزداد الالحاح على صاحبنا لجلاء الامر يعترف «مريضنا» بأنه شاهد في المتحف امرأة جذابة جداً وانه قد يكون فكر فيها بعض الشيء . ومن هنا يغدو من السهولة بمكان ان تفسر الاعمال التخريبية على انها افكار غير اخلاقيـة ، وان الصعوبة في تذكر اثباته مسببة عن محاولته تحويل اهتمام زوجته عن الامر . اذن فالجنس هو التفسير بالفعل !..

ويتبدى لنا اعتراضان في الحال ، أولها ان هنالك عدة تفسيرات ممكنة اخرى . فقد يكون صاحبنا قد شاهد شريطاً سينمائياً في الليلة الماضية تدور حوادثه حول عمليات تخريب ، كما قد تكون طائرة حلقت فوق رؤوسنا فسمعنا صوتها ونحن نيام ، كذلك فقد يكون المبرر الذي نلجأ اليه عبارة عن شعور بالاثم لاننا لم نقم بعمل كنا نعتبره واجباً علينا. اما الاعتراض الثاني فيستند الى انه بامكاننا ، اذا نحن ألححنا في تساؤلاتنا ، ان نجعلها ترتبط بأي موضوع اطلاقاً ، حتى موضوع الجنس. ومن الطرائف المتداولة حول الجلسات الجامعية التي ينفرد بها الطلاب دون الطالبات انه اذا اجتمع رهط من الرجال وتبادلوا الاحاديث مدة طويلة فانهم سينتهون دون شك الى الحديث عن النساء . ومن المرجح ان القول يصح كذلك بأنهم لا بد منتهون الى الحديث ، اذا طال الاجتماع ، عن فن العصور الوسطى ، الا انه ليس من المتوقع لهم ان يتنبهوا لهذا الامر بالقدر نفسه .

وسنرى في الفصل التالي ان تفسيراً ما لا يغدو مقبولاً الا اذا أمكن اللجوء اليه للتكهن بما سوف يكون. غير انني لم اسمع بأن احداً قد ادعى ان معرفته برجل معين رأى طائرة في متحف ومعرفته كذلك بأن ذلك الرجل قد أولى بعض الاهتمام لصبية، جذابة كانت تزور المتحف، وبأن الصبية المذكورة كانت شقراء الشعر ، في حين ان زوجة الرجل ذات شعر احمر ، لم اسمع بأن احداً قد ادعى ان معرفته بهذه الامور تمكنه من التكهن بأن الرجل المشار اليه سوف يبصر ، في وقت ما في المستقبل ، حلماً حول عملية تخريب في مصنع للطائرات وانه سوف ينسى اثبات وجوده في غير مكان الجريمة عند وقوعها . وما قيل ههنا ينطبق بالطبع أيضاً على التفسير المغاير .

ان الصعوبة في الامر تعود الى انه ليس لدينا ترابط واضح بين قولنا

«جميع الاحلام مسببة عن الجنس» وبين ما نشاهده في الواقع . وعلينا ، اذا أردنا ايجاد هذا الترابط ، ان نحدد ، بشكل أدق ، الامور التي نشملها بكلمة « جنس » ونبين بالضبط الشكل الذي ترتبط به بعض التجارب الجنسية بالاحلام . ان الامر ليس على مبلغ كبير من الصعوبة ، لكنه ، اذا تم ، فان نظريتنا تغدو قابلة للفحص ، الامر الذي قد يبين انها على خطأ . لقد بذل اتباع فرويد جهوداً كثيرة في هذا المجال ، الا ان تقييم النظريات الجديدة لا يعنينا ههنا ، ذلك لأن المثل الذي أوردناه لا يعدو محاولة لتوضيح نوع الروابط الواجب تزويدها بالتجربة .

كنا ، في الفصل الثاني ، قد بحثنا في العلاقة بين الرياضيات والعلم ورأينا انه يتوجب تفسير الرياضيات الصرف قبل ان تصبح نظرية علمية . وتبدو الحاجة الى قواعد للتفسير اوضح ههنا منها في حال النظريات المعبر عنها بواسطة الكلمات فقط . ذلك انه لا معنى لسؤالنا هل المعادلة ط = ك س ٢ الا بعد ان نفسر ما نعنيه بكل من هذه الرموز بشكل يربط بين هذا القانون والتجربة . والروابط ، في هذا الحال ، عبارة عن قواعد حول كيفية قياس مقدار الطاقة (ط) والكتلة (ك) ، وكيف يمكن للمرء ان يحدد سرعة الضوء (س) . وعندها يمكن لنا القول بأن كل عملية يتأتى منها نقصان في الكتلة تؤدي الى ازدياد مقابل فيالطاقة بحسب النظرية المذكورة.اي اننا اذا استطعنا، بواسطة آلة ذرية ، ان نتلف تماماً مقدار اوقية من معدن الاورانيوم فلنا ان نتوقع ازدياد في الطاقة يبلغ س ٢ اضعاف ذلك ، أو ما يعادل الطاقة التي ينتجها محرك قوته ماية حصان في حوالي مليون عام. ان في هذا ربطاً واضحاً للنظرية بالوقائع التي يمكن مشاهدتها .

غير ان ثمة صعوبة تتأتى بسبب التعسّر الذي نلقاه في الفصل بين النظرية

وقواعد التفسير . فنظريات كنظريات فرويد تحمل تفسيرها في طياتها ، بمعنى انها قد صيغت باللغة الشائعة ، كذلك فانها تحمل معها كل ما في اللغة الشائعة من غموض . الا اننا عندما ننتقل الى النظريات الرياضية نجد ، في الغالب ، ان النظريات والقواعد قد تشكلت معاً . ولقد سبق ان حاولنا تحليل عبارة ق = ك × ت فرأينا مقدار الصعوبة في الفصل بين التأكيدات الواقعية وتعاريف الرموز. الا انه وان كان من الصعب الفصل بين هذين العنصرين فهما يشكلان جزءاً واضحاً من كل نظرية اصيلة . فلدينا ، من جهة ، الصيغ الرياضية التي نحركها بحسب قواعد المنطق ، كما نعلم ، ومن جهة اخرى ، ان بعض أنواع التأكيد تعبر عن وقائع يمكن مشاهدتها. ان المطلب الحاسم في هذا الامر هو ان نكون على بينة بخصوص هذه التأكيدات و كذلك بخصوص الوقائع التي تحاول هذه التأكيدات شرحها حتى لا يبقى شك ، حين نقوم بمشاهدة ما في مجال تلك النظرية ، حول مشاهداتنا وهل تنطبق على تكهنات النظرية .

لقد لاحظنا في نظرية ق = ك × ت ان هذه النظرية تشتمل على قاعدة تفسير (تفسير رمز «ق») . غير ان هنالك ، بالمقابل ، حالة مغايرة ، حين نجد ان ما نفترضها قاعدة تشتمل على نظرية مخبأة في ثناياها . والواقع ان هذا أمر شائع جداً ، فقد سبق ان رأينا ما ندعوه بالتحديدات العملية وكيف تفترض ، بوجه عام ، ان مختلف العمليات المتشابهة تؤدي الى النتيجة نفسها. فنحن، عندما نحدد الطول على انه نتيجة لنقل منتظم لقضيب قياس، فاننا نفترض بأن النتيجة لا تتوقف البتة على اي من طرفي القضيب يشير الى جهة الشمال ، او على أي عوامل اخرى من هذا القبيل . واذا كنا نرغب في القول بأن قواعد التفسير هي أمور اختيارية كالتحديدات ، وانها تجد ما يسوّغها في الفائدة الناتجة عنها لا في ما تحويه من حقيقة ، فان هذا القول

لا ينطبق الا على القواعد الصرفة ، ولما كانت التفسيرات وثيقة الرباط بالنظريات، فان هذه القواعد الصرفة، قد لا يقبل بها — كالقاعدة الكلاسيكية لتحديد التواقت[1] وعليه ترانا نعتمد وجهة النظر التي تعتبر ان النظريات وتفسيراتها (أي علاقاتها بالوقائع) تشكل مجموعة واحدة من المعرفة .

كيف تتشكل المفاهيم

يجب ان يكون قد توضح الآن ان هنالك كثيراً من التحكّم في تشكيل المفاهيم. فنحن نميل الى القول بأن للاشياء كتلاً، وسرعات، وطاقة، الخ...، في حين ان هذه كلها ليست الا مفاهيم ابتدعها العقل البشري وثبتت فائدتها في تشكيل النظريات المنبثقة عن التجربة . وبدلاً من استعمال مفهومي الكتلة والتسارع («ك» و«ت») فانه يمكن لنا ان نستنبط العبارة الجديدة «تكاسع»[2] (اي كتلة + تسارع) ونرمز اليها بالحرف «ط » والعبارة الجديدة « قطوع »[3] (ي تسارع — كتلة) ونرمز اليهـا بالحرف «ع » . واذا نحن عدنا الى مفهوم القوة نرى انها لم تعد مساوية لحاصل ضرب الكتلة بالتسارع بل لربع الفرق بين مربعي التكاسع والقطوع ، اي ان الصيغة ق = ك × ت تغدو ق = $\frac{1}{4}$ (ط^{2}—ع^{2}). ان للاشياء تكاسعاً وقطوعاً بالقدر نفسه الذي لها كتل وتسارعات.

١ — Simultaneity

٢و٣— لا يرمز هذان التعبيران الى اي مفهوم شائع ، كما انه ليس لهما اي معنى وانما وضعتها بشكل اتفاقي للدلالة على العبارتين الواردتين في النص الانجليزي وهما «meleration» و «accelass» ، اللتين لا معنى لهما في اللغة الانجليزية . — المترجم

غير ان هذين المفهومين الجديدين يجعلان نظرياتنا على مبلغ أكبر من التعقيد .

ويمكن الاستشهاد بمفهومي القوة والتسارع للدلالة على كيفية تغيّر المفاهيم عبر تاريخ العلم . فلقد اخذنا هذين المفهومين بعين الاعتبار فقط فيما يعود الى الحركة في اتجاه واحد معين، اي في خط مستقيم . ولكن لنفرض ان الحركة لم تكن في خط مستقيم بل كان اتجاهها دائم التبدل ، فعندها لن يعود بالامكان تطبيق مفهومينا الاولين للقوة والتسارع ، أو ، بالاحرى ، يمكن لنا تطبيقهما كالسابق ، الا ان ذلك لن يؤدي بنا الى نظريات بسيطة . غير ان نيوتن اكتشف اننا اذا اعطينا هذه المفاهيم صفة التعميم فاننا نحصل على قوانين للحركة المنحنية[1] تكون على نفس القدر من البساطة التي لقوانين الحركة في خط مستقيم ، فاذا افترضنا ان السرعة مؤلفة من عدة عناصر : ثلاثة عناصر في الابعاد الثلاثة ، فان اي تغير في احد هذه العناصر يمثل تسارعاً . كذلك فالقوة ايضاً ثلاثة عناصر يسبب كل منها تغيراً في ما يقابله من عناصر السرعة . اذن يمكن لنا ان نظل على الصيغة ق = ك × ت على انها تحديدنا للقوة ، الامر الذي يُمكّن من استمرار تطبيق قوانين كقانون الجاذبية .

غير ان هذا الشرح يؤدي الى المغالطة ، ذلك اننا اذا عمدنا الى تغيير معنى التعابير الواردة في ق= ك × ت أو في قانون الجاذبية فلن يبق لدينا لا التعريف ولا القانون بالذات. والحالة هذه مدعاة للاهتمام لانها تمثل كيفية تحقيق التقدم في القوانين عن طريق الابقاء على الشكل الاصلي للقانون ولكن مع تبديل لتفسير التعابير المؤلف منها. وبالطبع، فاننا، على وجه العموم، نبدل في كل من مفاهيم القانون وشكله ونقوم بذلك في اللحظة ذاتها .

---

١ — Curvilinear motion

وتبين هذه الامثلة ايضاً لماذا يصعب التفريق ، في غالبيـة الاحيان ، بين النظرية والتعريف . ففي غالبية الاحيان نجد ان مجموعتنا من المعرفة تظل على قدر أوفى من البساطة اذا كنا على استعداد لتبديل التعاريف بدلاً من تبديل شكل النظريات . وعليه نجد ان العالم قد يقرر تعديل احد التعاريف عندما يتبين له خطأ ما تكهن به . وقد يصل به الامر الى القول بأن مرد ذلك الى ما تبين له من ان تعريفه كان خاطئاً في الاساس — وهذا يعني ، بالطبع ، انه ينظر الى تعريفه على أنه من النظريات .

والواقع انه يمكن للمجموعة الواحدة من المعرفة ان تُبعث ، صورياً ، في اشكال متعددة : فيعتبر القول الواحد ، عند بعضهم ، أنه نظرية ، وأنـه ، عند البعض الآخر ، عبارة عن تعريف . وعليه فبينا نجد ان هذا التمييز مهم للمشتغلين بالمنطق ، الا انه ليس بذي قيمة عملية عند العالم .

وسنرى في الفصل التاسع من هذا الكتاب ان النظريات مصنفة في مراتب بحسب تزايد مقدار التعميم في تطبيقها . ولما كانت المفاهيم النظرية موضوعـة بحيث تنطبق تماماً على النظريات فاننا نجد أن للمفاهيم أيضاً مراتب عـدة ، نبدؤها بالمشاهدات التي يمكن سردها بواسطة تعابير حسية ثم ننتقل منها الى « التعاميم المباشرة » المنبثقة عن التجربة، والتي يمكن سردها بواسطة تعابير حسية او بواسطة مفاهيم نظرية ذات علاقة مباشرة بالتجربة . وكلما انتقلنا الى النظريات العامة غدت المفـاهيم أكثر تجريدية والتعاريف الحسية أكثر صعوبة ، ان لم تغدُ مستحيلة تماماً .

ولننظر الآن في بعض الامثلة : ان القول « هذا السائل أزرق اللون » هو تقرير حسي ، وكلمتا « سائـل » و «ازرق» تعبيران حسيان ايضاً .

واما القول بأن « الهيدروجين يتحد مع الاوكسجين ليشكل الماء » ، فهو تعميم من مرتبة دنيا ، ذلك لأن كلمة « هيدروجين » لا تشكل تعبيراً حسياً ، لأن المشاهدة وحدها لا تكفي للدلالة عما اذا كان غاز معين هو بالفعل غاز الهيدروجين . غير انه ليس من العسير ، على الرغم من ذلك ، ان نعتمد تعريفاً حسياً على شكل اجراء الاختبار الكيميائي العادي لغاز الهيدروجين . ويشكل القول بأن « ذرات الهيدروجين تحتوي على كهيرب واحد » نظرية اكثر تجريدية من الاقوال السابقة ، ومن المحال لنا ان نتمكن من التقدم بتعريف حسي لكلمة « ذرة » وكلمة « كهيرب » ، فالقواعد التي تربط هذه النظرية بالتجربة قواعد غير مباشرة . وحينما نصل الى مجال ميكانيكا المقدار[1] نجد ان دالة تشكل احد تعابيرنا التي هي أكثر ما تكون ايغالاً في عالم النظريات . وانه لمن العسير ان نتقدم بتفسير مبسط لكيفية ترابط هذه النظرية بالتجربة ، لأن الروابط التي نجدها في هذه المراتب تتخذ شكلاً تغدو معه بعض التعابير الرياضية المعقدة في النظرية عبارة عن تكهنات بوقائع قابلة للمشاهدة . ويتلخص الموقف العام الذي يتخذه القائلون بهذه النظرية في ان كل ما يعنيهم من الامر هو مدى ما يمكن لكل تكهن على حدة من التدليل بصحته ، وانه لا معنى البتة للتساؤل عن نصيب ما تبقى من النظرية من الصحة . والواقع انه مهما كان شعورنا حول هذا الموقف من وجهة النظر الميتافيزيقية ، فلا شك في ان هذا الموقف هو كل ما يستوجب الاهتمام بالنسبة للتطبيقات العملية .

وعليه نجد انفسنا نواجه تدرجاً في المفاهيم على قدر متزايد في التجريد . اما تبرير الوجود لكل من هذه المفاهيم فيكمن في فائدتها لتشكيل النظريات

---

١ – Quantum Mechanics

البسيطة. ومع ان التعاريف الحسية قد توجد بالقرب من اسفل هذا التدرج، الا اننا سرعان ما نبلغ مراتب لا نحتاج عندها الى اكثر من قواعد للتفسير تربط بين هذه النظرية والنظريات التي تقع على المستوى الادنى منها في التدرج، وبهذا لا يكون الترابط بين مراتب القمة من جهة والتجربة من جهة اخرى الا عن طريق سلسلة طويلة من الاعراف والادلة الرياضية .

٨ القيـاس

كثيراً ما يتناهى الينا ان الجهد الاساسي الذي يبذله العـــالم ينحصر في اعمال القياس ، فاعمال القياس ضرورة لا يمكن للعلم الحديث ، بدونهـا ، ان يحقق أي تقدم . ويقــال لنا ، كذلك ، ان تقدم العلم مرتبط بشكل وثيق بدقة ما لدينا من أجهزة القياس . اذن ، وبالنظر لهذه الادعاءات العريضة ، فانه من المهم لنا ان نبحث في طبيعة القياسات وسنقوم بهذا العمـل على عدة مراحل نبدؤهـــا بمفهوم التصنيف ، وهو مفهوم جد بسيط ، ونتدرج منه صعداً الى نظام كامل للقياس . وسأستعين بمثلين اثنين لتوضيـح العملية ، أولهما مثل لمفهوم توصّل العلماء الى الأحاطة به كلياً ، أي انه قد توافرت لدينا فيه وسيلة للقياس . والمثل المشار اليه ههنا هو مفهوم الحرارة ، والذي سبق ان لجأنا اليه كمثل عن التعليل . أما المثـل الثاني فهو لمفهوم لم تصل الاحاطـة به مبلغ امكان القياس فيه ، ولكنه بامكاننا ، على الاقل ، ان نرى الاتجاه الذي يتوجب اتباعه للتوصل الى سلم للقياس فيه وسيكون المثـل الثاني هذا معنياً بالموقف السيكولوجي الذي يتخذه الانسان ازاء العلم .

مما لا شك فيه انه يمكن تلخيص نظرة الانسان الاول الى درجات الحرارة بقولنا انه قد صنفها بشكل جد بدائي ، كأن نقول : « حار جداً ، حار ، دافيء جداً ، دافيء، بارد قليلاً ، بارد ، بارد جداً». ومن الممكن لتصنيفه بالطبع ، ان يكون قد جاء أكثر دقة أو اقل من هذا ، الا انه لا شك قد اقتصر على ضرب من التصنيف البدائي . والواقع ان الأمر ، بالنسبة لأكثر الغايات غير العلمية ، لا يتطلب اكثر من تصنيف كهذا ، حتى ان الكلمات نفسها تفقد ضرورتها ، ذلك لأن المرء يمكن له ان يصف الحرارة بان يقول ، بكل بساطة، انها كحرارة «يوم من ايام مايو (ايار)» أو «يوم من أيام منتصف يوليو (تموز)» أو ، بالمقابل ، كيوم «من ايام أواسط الشتاء» .

ويتطلب هذا التصنيف الوفاء ببعض الشروط اذا اريد ان تكون له أية قيمة اطلاقاً . يتوجب عليه ، في المقام الاول ، ان يمكّن من تصنيف كل يوم بمفرده في احدى هذه الفئات . أما الشرط الثاني فهو الا يمكّن من تصنيف يوم معين تحت تسميتين مختلفتين ، لأن ذلك يؤدي الى بلبلة تذهب بالفائدة من المفهوم . ويمكن وصف هذا الشرط الثاني بالقول ان على كل فئة ان تكون محصورة في ذاتها ومنفصلة عن الفئات الاخرى ، في حين ان الشرط الاول يجعل الفئات ، بمجموعها ، تامة الاحاطة . والمزية في هذا التصنيف الجامع المانع تكمن في اننا اختزلنا في حسابنا مشكلة التعاطي بعدد كبير من الايام الى مشكلة التعاطي بعدد صغير من الفئات ، فالايام التي تصنف في فئة معينة تعتبر متشابهة فيما يعود الى حرارتها .

ووجهة النظر الاخيرة هذه من الامور التي يتميز بها التصنيف . فاذا نحن

قسمنا البشر بحسب طول قاماتهم سواءٌ أكان ذلك في حدود دقة تبلغ البوصة من الطول ام جزءاً على مئة من البوصة ، فاننا نكون قد أخذنا عدداً كبيراً من الناس وجمعناهم الى فئات قليلة . ويجب ان تكون هذه الفئات من قلة العدد بحيث يمكن التعامل بها ، مع كونها ، في الوقت نفسه، من دقة التقسيم بحيث يمكن اعتبار الافراد الذين يشكلون الفئة الواحدة متساوين في طول القامة .

لقد لاحظنا ، في هذا الوصف الاخير ، انه يمكن للمفهوم الواحد ان يؤدي الى تصنيفات متعددة متباينة الدقة . أما اختيار أنسبها فانه يعتمد كلياً على الغاية التي نهدف اليها من وراء التصنيف. فاذا كان هدفنا من تصنيف البشر بحسب طول قاماتهم لا يعدو محاولة لتقرير مقاسات السرير الذي ينبغي للمرء ابتياعه ، فانه يكفي ان نعتمد تصنيفاً عاماً: اي طويل جداً ، طويل، قصير ، وقصير جداً . اما اذا كان الهدف خياطة الملابس ، فان الأمر يتطلب تصنيفاً اكثر دقة ، واذا كان الهدف تمكين الشرطة من تميز الناس فانه يغدو من المستحسن ان يصار الى تسجيل اطوال الناس في حدود البوصة او بعض اجزائها حتى .

وثمة طريقة عملية مألوفة يعمد اليها لزيادة الدقة في تصنيف معيّن الا ان علينا الحرص على ان يظل التصنيف الجديد جامعاً مانعاً . ويكفي للتيقن من ان التصنيف الجديد جامع بالفعل ، ان نتأكد من انه يشمل جميع الحالات التي يشملها التصنيف الاول. وابسط السبل للقيام بذلك ان نعمد الى المراتب القديمة ، واحدة بعد اخرى ونقسمها الى اجزاء مانعة . ويجري هذا ، مثلاً ، اذا بدأنا بتصنيف الاطوال في حدود بوصة واحدة وانتهينا بتصنيف لها في حدود ربع البوصة ، فنجد ، بهذه الطريقة ، ان كلاً من المراتب القديمة قد

قسمت الى اربعة اجزاء مانعـــة ، الامر الذي أدى الى الحصول على تصنيف دقيق جديد جامع مانع .

نحن لم نتعد بعد مرحلة التصنيف في كثير من العلوم . ففي العـــديد من الحقول الطبية نجد ان الطبيب يغبط نفسه اذا هو استطــاع ان يصنف مرضاً ما في زمرة لا تحتوي على امراض متنوعة كثيرة العدد ، ذلك لأن لديه بعض المعلومات التي تعود الى كل زمرة فيما يتعلق بطريقة المعالجة الصحيحة ، الأمر الذي يجعل التصنيف عُدَّتهُ الرئيسية في وصف العلاج . فاذا كانت المشكلة بسيطة لا تتعدى اعطاء المريض دواء مسكناً او عدم اعطـائه فان التصنيف البدائي قد يفي بالغرض ، اما اذا كان عليه ان يقرر وجوب استعمال احـــد مضادات الاجسام الحيّة [1] وان يحدد نوعه وجرعته ، فانه يحتاج الى تصنيف للامراض أدق بكثير من التصنيف الاول .

كذلك نجد بأن التلميذ الذي يباشر دراسة السيكولوجيا الابتدائية يشعر ان الموضوع كله عبارة عن درس في « اطلاق التسميات » ، ذلك لأن أكثر السيكولوجيا قـد اقتصرت الى الآن على تصنيف نماذج الشخصيـات ، وزمر الذكاء ، وردود الفعل للاثارة او التنبيه ، الخ ... لذلك فان التلميـــذ الذي يدَّعي بأنه لم يتعلم اي شيء مفيـد ، هو مصيب ، ولكن ليس كلياً . فمرد الامر، في هذه الحال، هو ان مجرد تصنيف ما ، لن يكون ذا تطبيقات عملية عديدة : على ان غالبية العلوم ، لا تستطيـع تحقيق اي تقدم دون اللجوء الى تصنيف حسن .

ولنتحول الآن الى المثل الثاني، مَثَلِ الموقف السيكولوجي للانسان تجاه

---

١ — Antibiotics

العلم . ففيما يتعلق بمجرد التصنيف فانه يمكن تقسيم بني البشر الى المراتب الاولية التالية : (١) الشغوفون بجميع العلوم (٢) الكارهون لجميع العلوم (٣) المحبون للعلوم النظرية والكارهون للعلوم التجريبية (٤) المحبون للعلوم التجريبية والكارهون للعلوم النظرية (٥) المحبون ، ولكن باعتدال ، للعلوم النظرية والتجريبية على السواء ، الخ ... هذه المراتب الخمس مانعة ولكنها ليست جامعة على اي حال . وقد يكون من التمرين المفيد ان نحاول تكملتها حتى نظفر بتصنيف جامع .

ان تصنيفاً كهذا التصنيف ، حتى وان كان اولياً ، لا يخلو من بعض التطبيقات المفيدة. ولنفرض ان القيّم على شؤون طلاب الصف الجامعي الاول تمكن من ان يصنف احد التلامذة الذين يرعى شؤونهم في احدى هذه المراتب. انه ، في هذه الحال ، يستطيع ان يسدي اليه المشورة حول طراز الموضوع العلمي الذي يتوجب على التلميذ دراسته فيما اذا وجب ذلك اطلاقاً. ذلك انه يحسن بالمرء الذي يكره العلوم جميعها ان يدرس منهاجاً في الثقافة العامة بحيث يقتصر على القدر الذي يتوجب على اي انسان ذكي ان يُلِمَّ به. اما الانسان الشغوف بجميع العلوم ، فمن المستحسن له ان يدرس عدة موضوعات علمية ، وان يشار عليه بالتخصص في الفرع العلمي . ان اكتشاف الذين ينتمون الى الزمرة ٣ و ٤ أعلاه يشكل احدى المهام الرئيسية للقيّم على شئون طلاب السنة الجامعية الاولى . وانه لمن عِظم الشأن ان يشرح القيّم لتلميذ من هذا النوع انه من الممكن جداً له ان يولع ببعض الموضوعات العلمية التي سوف يدرسها دون الموضوعات العلمية الاخرى . واذا اخذنا مثلاً على ذلك تلميذاً ينتمي الى الزمرة الثالثة وجدنا انه من المستحسن له صبُّ اهتمامه على الرياضيات والتخصص في الفيزياء والكيمياء ، وعلى الاخص في نواحيهما التي

تغلب عليها الصفة الرياضية . امـا اذا كان الامر يعود الى تلميـذ من الزمرة الرابعة فانه من الخير له ان ينتقي من الموضوعات العلمية ما اشتمل منها على اعمال مخبرية ، وان يقتصر في مجالات الفيزياء النظرية والرياضيات على الحـد الادنى الذي يحتاجه منهما لمتابعة دروسه .

علينا الآن ، اذا اردنا الاحاطة بالتطور الكامل للقياس وخطر شأنـه في العلم الحديث ، ان نتبـيّن كيف يمكن لتصنيف عادي ان يحسّن ويوسّع .

المراتب الجزئية

ان الجهد الاكبر الذي يتبقى للعالم هو محاولة المقارنة بين اشياء تعود الى مراتب مختلفة . فاذا نحن ، على سبيل المثال ، قسمنـا أيام السنة الى مراتب نسميها «كيوم من ايام أيار—مايو» أو «كيوم من اواسط كانون الأول—ديسمبر» فانه يكون علينا ان نحاول المقارنة بين يوم يشبه احد ايام مايو ويوم يشبـه احد ايام أواسط ديسمبر .

ولما كان اهتمامنا ههنا محصوراً في درجة الحرارة ، فانه يمكننا ان نعتمد اساساً للمقارنة هل ان احد هذين اليومين أكثر دفئاً من الآخر . ان على هذا النوع من العلاقة ان يرضي مطلبين اساسيين . فاذا قلنا ، اولاً ، ان الخامس عشر من نيسان—ابريل اكثر دفئاً من الرابـع عشر منه ، فان علينا ، لا شك ، ان نستبعد امكانية الرابـع عشر ان يكون اكثر دفئاً من الخـامس عشر . أي بكلمة اخرى ، اذا كان «أ» اكثر دفئاً من «ب» ، فيجب الا يكون «ب» اكثر دفئاً من «أ» . وعلى العموم فان العلاقة التي تربط بين مرتبتين ستكون

على الشكل الذي يعبر عن ان «أ» اكثر كذا وكذا من «ب»، اي ان هنالك تفضيل لـ «أ» على «ب» في هذا الصدد . وعلى «ب»، في اي حال ، الا تزيد على «أ» . وتعرف هذه الخاصة باسم اللاتماثل[1] .

لقد اقتصر بحثنا لغاية الآن على المقارنـــة بين شيئين فقط . اما المطلب الاساسي الثاني فيستبين حين المقارنة بين ثلاثة اشيـاء او اكثر . ولنفرض ان شخصاً ما سرد لنا الوقائع التالية :

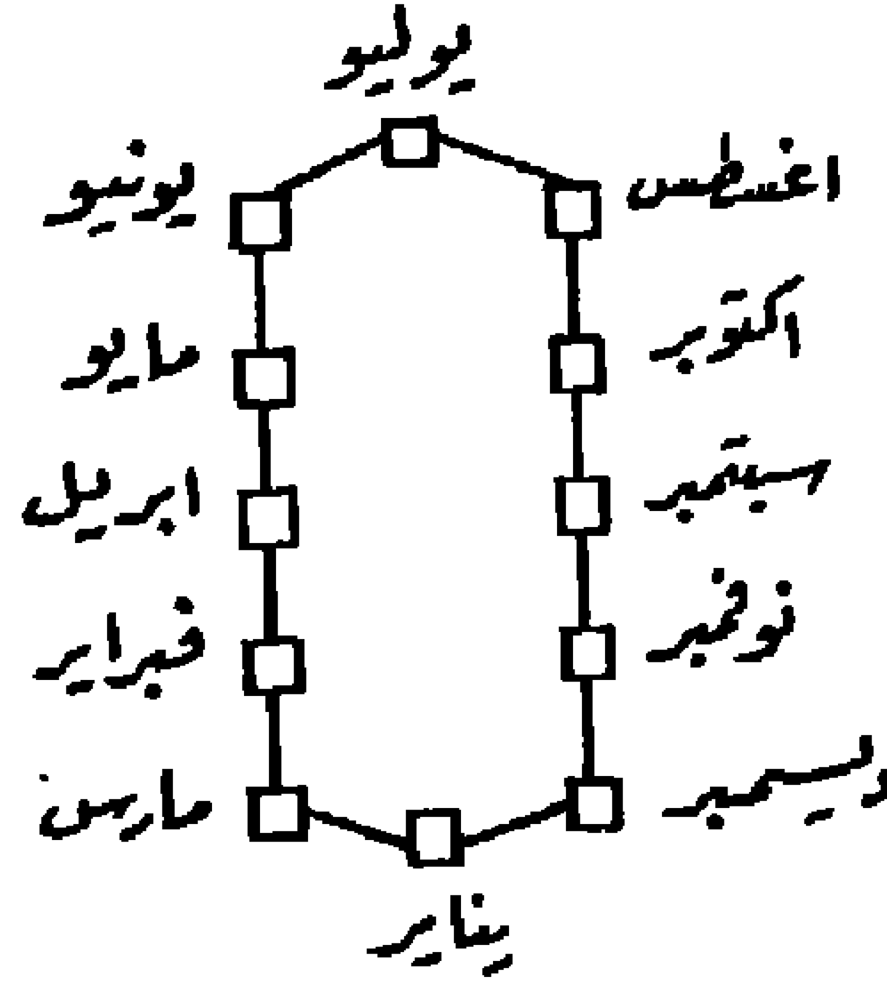
ان شهر نيسان—ابريل من هذا العام كان اكثر دفئاً من شهر آذار—مارس، اما مارس فقد كان اكثر دفئاًمن تشرين الثاني — نوفمبر ، بينما كان شهر نوفمبر المنصرم اكثر دفئاً من شهر ابريل للعام الجاري. ان هذا الطراز من المعلومات عديم الفائدة بالنسبة الينا ، فالواقع انه اذا قيل لنا ان ابريل اكثر دفئاً من مارس ومارس اكثر دفئاً من نوفمبر الماضي فان رغبتنـــا تكون في امكان الاستنتاج بأن ابريل اذن اكثر دفئاً من نوفمبر. وتعرف هذه الخاصة بالتجاوز[2]. وكما هي الحال في المسائل المتعلقة بالتفضيل فاذا كان «أ» يفضل على «ب» و«ب» يفضل على «ج» فاننا نود ان نتمكن من الاستنتاج ان «أ» في هذه الحال يفضل على «ج». غير اننا، في مثل هذه المرحلة، نقبل للمرء ان يقول بأنه غير متأكد أي الشهور كان أكثر دفئاً ، او انه غير متأكد أي الاشياء هو المفضل .

ان العلاقة التي تتصف بخاصة اللاتماثل والتجاوز تعرف بأنها مرتبة جزئية. فهي تمكننا من ترتيب زمرنا المختلفة بشكل يمكّن من الاجابـــة على بعض تساؤلاتنا ، وان كنا لا نستطيع تعيين أي هي الزمر التي تتقدم على الاخرى. ويمثل الشكل التالي مجموعة من هذه التصنيفات :

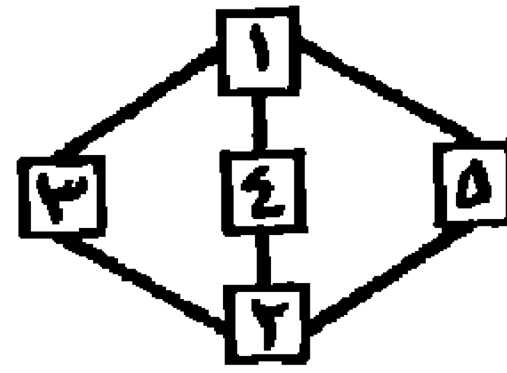
---

١ — Asymmetry

٢ — Transitivity



درجات الحرارة الشهرية



الموقف السيكولوجي تجاه العلم

نرى من هذا الشكل انه يمكن الجزم بأن تموز – يوليو كان أدفأ الشهور وان كانون الثاني– يناير كان أبردها ، ذلك لأننا نستطيع ان نقارن،بالذاكرة، الشهور الواقعةبين يناير ويوليو، كما نستطيعمقارنة الشهور بين يوليو وديسمبر، لنعود بعدها الى يناير . الا انه لا يمكننا ، في هذه المرحـلة الاولية ، ان نقارن بين احـد شهور النصف الاول من السنـة مع احد الشهور في النصف الثاني منها . ومع هذا ، فان تصنيفاً بسيطاً كهذا يمكن ان يؤدي الى بعض احكام عامة ، فنستطيع القول ، مثـلاً ، ان الطقس ازداد حرارة من يناير الى يوليو ثم أخذ يبرد تدريجياً .

ولنعد الآن الى العمل الثاني . ففي تصنيفنا للناس بحسب نظراتهم الى العلم يمكن لنا ان نضع في رأس السلم الزمرة التي تشغف بجميع انواعالعلم (الزمرة«١»)

وتقع في أسفله الزمرة التي لا تهتم كثيراً بأي من انواع العلم (الزمرة «٢») ، بينما نضع الزمر «٣» و«٤» و« ٥ » بين هذين الحدين، علماً بأن تصنيفاً أوفى ، أي تصنيفاً جامعاً ، يؤدي الى عدد من الدرجات أكبر من هذا بكثير .

هذه هي المرحلة التي يتعرض العلماء عندها لمزالق جدية، ذلك انه اذا كان من السهل استبانة خاصة اللاتماثل، فان خاصة التجاوز أكثر تعقيداً ، وهنالك العديد من الامثلة على علاقات تبدو وكأنها من طراز علاقات المراتب الجزئية في حين انها لا تكون متجاوزة بوجه عام .

لنأخذ مثلاً تزاحم عشر فرق لكرة القدم ، وسنجد بأننا نستسيغ ، ولو بعض الشيء ، ان نصنف هذه الفرق حسب البيّنة التالية : « أيمكن للفريق « أ » ان يتغلب على الفريق «ب» ؟ » . والمؤسف ان علاقة كهذه لا تشكل علاقة مراتب جزئية لانه غالباً ما يحدث ان يتغلب الفريق الاول على الثاني ، وان يتغلب الثاني على الثالث . وان يعود الثالث – مع ذلك – فيتغلب على الاول .

وثمة صعوبات أدق من هذه فيما يعود الى العلاقات الجزئية المراتب . فلا شك، مثلاً، في ان اتخاذ القرارات الجماعية بالاستناد الى غالبية الاصوات يشكل في تفكيرنا منهجاً سليماً للحكم (في الدولة) . غير ان هذا يستبين بانه ليس من الحالات التي تنطبق عليها علاقة المراتب الجزئية بوجه عام . ولنفرض ان هنالك ثلاث سلع تحاول جماعة ما ان تفاضل فيما بينها لتقرر أياً منها تبتاع أولاً ، وأيها ثانياً ، وايها اخيراً ، وذلك بحسب احصاء رغبات مجموع اعضاء هذه الجماعة . ولنفرض ان هذه الجماعة مؤلفة من مئة عضو ، وانه تبين، لدى احصاء الاصوات ان عشرة منهم أعلنوا تفضيلهم للسلعة « أ » ، ثم «ب»، ثم

«ج» بينما أعرب عشرون عضواً انهم يفضلون الترتيب التالي : «ب» ، « أ » ، «ج» ، وصوّت عشرون آخرون لترتيب «ج» ، «ب» ، «أ» ، وثلاثون عضواً للترتيب «أ» ، «ج» ، «ب» ، والثمانية الباقون للترتيب «ج» ، « أ » ، «ب». واذا نحن احصينا الاصوات بالنسبة لسلعتين فقط نجد بان ٥٢ ٪ من الاعضاء (اي الاكثرية يفضلون «ب» على «أ»، وان ٥٨٪ منهم يفضلون «ج» على «ب» و٦٠٪ يفضلون «أ» على «ج» . اذن فنحن امام حالة لا تجاوز لا يمكن معها التوصل الى قرار بالاكثرية .

ومن الامثلة المتواترة على علاقةٍ جزئية المراتب ، الحالة التي يصنف فيها اعضاء جماعة ما بالاستناد الى اكثر من ميزة واحدة . ولنفرض ، مثلاً ، ان اردنا تصنيف موظفينا بحسب أعمارهم وبحسب قدمهم في العمل . واننا قررنا الا نقدم واحداً على آخر الا اذا كان اكبر منه سناً وأكثر قدماً . ففي هذه الحال نصل الى علاقة جزئية المراتب . فاذا كان « أ » متقدماً على «ب» فان «ب» لا يمكنه بحال ان يتقدم على «أ» واذن فهناك علاقة لا تماثل . وكذلك اذا كان «أ» اكبر سناً واكثر قدماً من « ب » ، وكان ذلك يصدق على «ب» بالنسبة الى «ج» ، فانه من الواضح اذن ان «أ» يجب ان يكون اكبر سناً واكثر قدماً من «ج » ، اي ان هنالك علاقة تجاوز . ولكننا لا نستطيع اجراء المقارنة المزدوجة هذه بين جميع الموظفين ، لانه لا يمكن المقارنة بين موظف في الستين عمل في الشركة ثلاثين عاماً وبين موظف في الخامسة والخمسين عمل فيها منذ خمسة وثلاثين عاماً . ان الحالة هذه مثل جيد لعلاقة جزئية المراتب . والواقع ان مثلنا الثاني هو بهذا الشكل ، فلقد توصلنا الى شكل شجرة متشعبة لاننا اعتمدنا بَيِّنَتَين مختلفتين — اي الرغبة في العلوم النظرية والرغبة في العلوم التجريبية — ولم نحاول مقارنة واحدتها بالاخرى .

ان علينا ، اذا اردنا تقوية هذا المفهوم ، ان نحـاول التخلص من ازدواج الخاصات التي لا يمكن اجراء المقارنة فيما بينها .

المراتب البسيطة

الشرط الذي نود اضافته الى الشروط السابقة هو التالي : اذا اعطينـــا شيئين من زمر مختلفـة ، فيجب ان يكون في حيز الامـكان ان نجزم في اي منها يتقدم على الآخر . هذا الشرط يخلصنا من التشعب الذي واجهناه لغاية الآن، لاننا سوف نجد دائماً ان التشعب يؤدي الى العجز عن المقارنة بين شيئين مختلفين وإنْ كانا بالمستوى نفسه. ولما كان هذا الشرط الجديد يحول بين وجود زمرتين على مستوى واحد ، فان زمرنا تغدو مرتبة في خط مستقيم لا تشعب فيه . ويعرف هذا الترتيب بالمرتبة البسيطة . أما ميزاته المحددة الثلاث فهي

(١) اللاتماثل (٢) التجاوز (٣) امكان المقارنة بين الزمر .

ولسلم درجات الحرارة هذه الميزة المرغوب فيها: ففي الامكان ترتيب أيام السنة من أبردها الى اكثرها دفئاً ، بطريقـة تمكن من المقـــارنة بين بعضها والبعض الآخر بشكلٍ متواصل . وقد تحقق هذا بواسطة ما لدينا من أجهزة للقياس ، التي تقوم في الواقع بأكثر من ذلك ، اذ تحدد قيمة عـددية للحرارة في يوم معين. غير انه من عظم الشأن بمكان ان نلاحظ ان سلم درجات الحرارة، المنقوش على ميزان الحرارة بشكل تحكمي نوعاً ما ، ليس ضرورياً في الواقع للوصول الى المرتبة البسيطة التي نحن بصددها ، لانه يكفي لذلك ان نسجل ارتفاع عمود الزئبق كل يوم لنستطيع ، في نهاية العام ، ان نرتب الايام بحسب

درجة حرارتهـا . ولن يكون لزاماً ، في هذه الحـال ، ان يقال بأن الحرارة في يوم معين قد بلغت عشرين درجة بل يكفي ان يقال ان الحرارة في ذلك اليوم ارتفعت عنهـا في اليوم السابق ، وان ذلك اليوم ، بالتـالي ، أكثر دفئاً من سابقه .

ويسهل تحقيق الترتيب البسيط لكثير من المراتب الجزئية . وذلك نظراً لأن ثمة اتجاهاً محدداً تترتب الزمر المختلفة بحسبه . ومفهوما طول القـامة او السن لدى البشر مثلان على ذلك ، لأنه قد توافرت لدينا ، بالحـدس ، فكرة محددة بأن الامور تسير من الصغر الى الكبر ، ومن قصير القامة الى طويلها . أما الالوان فانها تشكل مثلاً أقل وضوحاً فهنا نجد ان العملية الطبيعيـة هي في تصنيف الالوان الرئيسيـة من أحمر وبرتقـالي وأصفر وأخضر وأزرق وبنفسجي ، غير ان ترتيب هذه الالوان في مراتب عمليـة أصعب بكثير لأن ذلك يتطلب معلومـات عن طبيعـة الضوء أدق من مجرد الشعور البصري بالالوان ، فكان علينا ان نتوصل الى مفهوم الموجات الضوئية لمختلف الالوان قبل ان نتمكن من ترتيبها على شكل تدرج مستقيم بسيط .

وعندما يكون الترتيب الجزئي نتيجة لاخذ بينتين او اكثر بعين الاعتبار فاننا نجد انفسنا امام حجر عثرة اذ نحاول تقرير الكيفيـة التي يمكن لهذه البينات ان تجمع على شكل مرتبة بسيطة . ففي حـال سن الموظفين وقدمهم في شركة ما ، فان المشكلة يمكن لها ان تختزل الى السؤال التالي : « مـا هي العلاقة بين عام واحد من العمر وسنة واحدة من القدم ؟ » فاذا قررنا ، على سبيل المثال ، ان السنة الواحدة من القدم مساوية لعامين من العمر ، فان موظفاً يكبر موظفاً آخر بخمسة أعوام الا ان له في خدمة الشركة خمس سنين أقل منه يصنف عندئذ في مرتبة أدنى من مرتبة هذا الموظف الثاني . وغني

عن القول انه يمكن وضع صِيَغٍ لا عداد لها لكي نحول المراتب الجزئيـــة ، بواسطتها ، الى مراتب بسيطة .

كيف السبيل اذن الى تدبر الامور فيما يتعلق بمختلف درجـــات الاهتمام بالعلم ؟ يمكننا ، مثلاً ، ان نقرر أنه اذا تساوت جميع المعطيات ، فان اهتماماً بالعلوم النظرية ينبىء عن اهتمام بالعلم المجرد هو «أكثر عمقاً» من اهتمام بالعلوم التجريبية. فاذا كان هذا موقفنا الاساسي فان تصنيفنا للزمر الخمسة (المذكورة فيما سبق) يكون بالشكل التالي : ١، ٣، ٥، ٤، ٢ .

والواقع ان غالبية الصعوبـات في هذا الصدد تعود الى ان الامكانيـــات المتوافرة لنا في التصنيف كثيرة الى حد يبعث على الحيرة. لذلك فعندما يصرح احد العلماء بأنه يستحيل عليه ان يتوصل الى ترتيب بسيط ، فان ذلك يعني عامة ان هنالك عدداً من الامكانيات يفيض عن الحاجة .

السلالم الرقمية

ان مفهوم القياس شديد الترابط في أذهاننا بمفهوم الارقام . فالسلم الرقمي يتشكل من ارقام حقيقية ، رُبط بينها وبين ما نتفحصه من اشياء . ويمكن لنا في غالبية الحالات ، ان نثبت بأن ترتيباً بسيطاً قد سبق تعيين الارقام . لذلك ، فالسؤال الآن هو عن كيفية تعيين الارقام لمختلف العناصر التي تتشكل منها مرتبة بسيطة .

ان هذا الامر يتم ، بالنسبة لدرجات الحرارة ، بواسطـة عمود الزئبق في ميزان الحرارة . فقـد لوحظ ان العمود يتمدد طولاً كلما ارتفعت الحرارة .

وعليه فان طول هذا العمود وهو المعبر عنه برقم ، قد استعمل كقياس للحرارة . اي اننا ، بكلمة اخرى ، ربطنا بين الظاهرة الرئيسية وبين ظاهرة اخرى يمكن تحديدها بواسطة الارقام .

الا ان هذه العملية ليست من السهولة كما يبدو لاول وهلة، ففي المقام الاول نجد بأن الربط بين طول عمود الزئبق وبين الحرارة يتطلب منا ان نكون قد لاحظنا بالفعل وجود علاقة ما بينهما ، وبشكل أدق، فقد تطلب ذلك وضع القانون القائل بأن طول العمود يزداد بارتفاع الحرارة ، وان ليس ثمة شواذ لهذه القاعدة . ومما تجدر ملاحظته ان هذا القانون نفسه قد تطلب ترتيباً بسيطاً للحرارة قبل ان تغدو صياغته في حيز الامكان ، وان السلم الرقمي الذي نتج عن ذلك كان في حكم المحال لو لم يسبقه ذلك الترتيب البسيط .

ونجد، في المقام الثاني، ان هنالك مواد عديدة اخرى كان يمكن استخدامها لقياس الحرارة . فكل المعادن تتمدد اذ تتعرض للحرارة ، لذلك فقد كان يمكن استخدام قطعة قضيب معدني كمقياس للحرارة . غير ان سلماً حرارياً يعتمد على تمدد قضيب حديدي يختلف اختلافاً بيناً عن سلم يرتكز على عمود من الزئبق . لذلك فالعالم الذي يقوم بصنع سلم للحرارة ، لا بد قد توافر له من المعلومات ما يبين ان الزئبق أفضل من الحديد . وبشكل أدق ، فقد كان ثمة اعتقاد بأن تمدد الزئبق مرتبط بدرجات الحرارة بشكل أبسط بكثير من تمدد الحديد . أما معنى هذا القول بالضبط فهو غير واضح الآن .

ولو كان لدينا سلم حدسي لدرجات الحرارة لأمكن لنا ان نتساءل عن مقدار التعقيد في العلاقة بين طول شيء ما وبين هذا السلّم. غير انه اذا كان يقصد من طول هذا الشيء تحديد سلم الحرارة، فان اي تأكيد ببساطة العلاقة

سيكون تأكيداً يدور في حلقة مفرغة. والواقع انه يمكن لنا ان نعيد سكب استنادنا لاختيار هذا السلم في قالب جديد . فاذا نحن اعتمدنا طول شيء معين على انه مقياسنا للحرارة ، فان تمدد هذا الشيء يكون مترابطاً بشكل بسيط جداً مع درجاتها . غير انه يغدو من حقنا ان نتساءل عما يمكن لنا قوله بالنسبة لخواص جميع الاشياء الحسية الاخرى . ان الشكل الذي يتخذه قانون التمدد أو غيره من قوانين الحرارة انما يعتمد على نوع السلم الحراري الذي نختار . وانه لمن المعقول جداً ان القوانين تبدو أبسط بالنسبة لسلم معين منها بالنسبة لسلم آخر . وهذا ما يفترض بانه قادنا في اختيار طراز السلالم الحرارية الشائعة اليوم . غير انه يترك لنا ، بالطبع ، مجال اختيار واسع بالنسبة للسلالم الفعلية نفسها . فلدينا حالياً ، على سبيل المثال ، عدة سلالم شائعة الاستعمال ، غير انها لا تختلف فيما بينها الا فيما يتعلق بوحدة القياس وبوضع الصفر من السلم ، كما ان هذه الاختلافات لا تؤدي الا الى تغييرات طفيفة في صياغة القوانين ولا ينتج عنها أي تبديل أساسي في جوهرها . فاذا كان احد السلالم يؤدي الى قوانين بسيطة فان أي سلم آخر مرتبط به بشكل بسيط يؤدي بدوره الى قوانين بسيطة . لذلك يمكن لنا القول ان ليس ثمة اختلاف اساسي بين هذه السلالم .

ويمكن لنا تلخيص هذا البحث بقولنا ان سلم قياس الحرارة قد تأتى من ترتيب بسيط سابق ، وانه كان ثمة مجال لاختيارات مختلفة عديدة ، وان التفضيل فيما بينها كان لجهة البساطة والجدوى . وحتى بعد هذا الانتقاء يبقى ثمة شيء من التحكم في التمييز ، بين السلالم المختلفة التي تتشابه في جوهرها . ان هذه العملية لما يميز تشكيل السلالم الرقمية .

ولنلق نظرة على سلم رقمي آخر ، هو سلم الأوزان. ان كلمة «سلم» نفسها

مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بعملية الوزن . فالخطوة الاولى في عمليـــة الوزن هي استعمال ميزان للتأكد من ان شيئين لهما وزن واحد . واذا وضعنا « أ » في الكفة اليسرى و «ب» في الكفة اليمنى فانه يمكن لنا تحديد وزنهما النسبي بان نلاحظ هل ظلت الكفتان على نفس المستوى . فاذا كان الأمر كذلك قلنا إن الشيئين متساويان في الثقل، اما اذا رجحت الكفة اليسرى فان «أ» هو أثقلهما، كما يدل رجحان الكفة اليمنى على ان «ب» هو اثقلهما. هذا اذن ترتيب بسيط.

وقد يغرينا الامر فنحسب بان هذا الترتيب البسيط « بديهي» ، غير انــه من المعروف ان كون هذه العلاقات تحدد ترتيباً بسيطاً أمر قد نتج من آلاف السنين من التجربة ، وليس ثمة ما هو بديهي بالنسبة لذلــك . فقد يمكن ان ترجح كفة «أ» على «ب» و«ب» على «ج» ، فاذا تقابل « أ » و « ج » كانت كفة «ج» هي الراجحة . كذلك فليس من البديهي انه اذا تساوى «أ»و«ب» في الوزن ، وتساوى كذلك «ب» و«ج» فان «أ» و«ج» سيتساويان .

والملاحظة المهمة الاخرى ان شيئين متشابهين يزنان دائماً (بحسب التعريف الوارد اعـــلاه) اكثر من الشيء الواحد بمفرده . وهذا ما يشير الى وجوب اختيار مراجع أو ائمة قياس يمكن مقارنة وزن شيء ما بالنسبـــة الى عدد منها . فاذا قلنا ان المرجع يزن وحدة واحدة ، واذا كان الشيء الذي تزنــه يرجح على خمسة من هذه المراجع ولكنه لا يرجح على ستة نقول عندئــذ أن وزنه يقع ما بين ٥ و٦ . ويكفي ، لأكثر الغايات ، ان نلجأ الى اعداد تامة كهذه ، كأن نزن ما نحتـــاج اليه من عند البقال في حدود دقة لا تزيد على الاوقية الواحدة[1] .

---

١ – الاوقية Ounce وتساوي ٢٨ غراماً – المترجم.

اما محاولتنا للتوصل الى سلم أدق فتنطلق كما يلي: لنفرض ان ثلاثة اشياء، تشابه «أ» تماماً ، تزن مجتمعة مثـل وزن المرجع ، فمن المعقول اذن ان نعتبر وزن «أ» مساوياً $\frac{1}{3}$. ويمكن لنا، بهذه الطريقة، ان نلاقي أشياء تمثل أوزانها كسوراً صغيرة من وزن المرجع فنستعملها بدورها كمراجع في سلم قياسي أدق. وعلى هـذا نجد الاوقية ، التي نحتاج الى ست عشرة منها مقابل وزن الليبرة[1] الواحدة . فنستطيع ان نزن الاشياء بدقة في حدود الاوقية بدلاً من الليبرة. اي بكلمة أخرى، نستطيع ان نعبر عن الاوزان في حدود دقة $\frac{1}{16}$. غير ان هذه الطريقة لا تعطينا الا أوزاناً جذرية (أي كسوراً) والاعداد الجـذرية تقع في مرتبة لانهائية أصغر من مرتبـة جميع الاعداد الحقيقيـة . كذلك فمن المشكوك فيه ان نستطيع ، حتى كمبدأ ، ان نعتمد الاوزان الصغيرة بشكل تحكمي ، وعليه فمن المفترض ان يتبقى خطأ محدود ضئيل في قياساتنا. وهذا ينطبق ايضاً حتى على القياسات التي نظن اننا نقوم بها بما نختاره من دقة بالغة.

وانه لمن الاهمية بمكان ان نقر بأننا وان كنا نعلم بالضبط حدود الدقة فيما نجريه من عمليات الوزن الفعلية ، فانه يتوجب علينا الا نضع اي قيود البتـة على الاوزان التي قد تشتمل عليها نظرياتنا. ولو نحن اقتصرنا على اوزان جذرية في نظرياتنا لما أمكن لنا ان نستعمل حساب التكامل والتفاضل[2].

ويتوجب علينا ان نستمر في التشديد على الفرضيـات القوية التي تتستر في عملية كهذه . فاذا قلنا ، مثلاً ، ان شيئين مثـل « أ » يكفيان لمساواة «ب»

---

١ – Pound ، ويرمز اليها بالحرفين .Lb ، وتساوي حوالي ٤٥٠ غراماً . – المترجم

٢ – Calculus

في الوزن ، فما الذي يجعلنا على ثقة تامة من ان اربعة أشياء مثل «أ» تساوي شيئين مثل «ب» ؟ ان تبين صحة فرضيات كهذه قد ادى الى تسهيل التقدم في مجال الفيزياء .

ولنا ان نتساءل عما يحدث لو كان لدينا ترتيب بسيط دون ان تتوافر لنا وسيلة لربطه بأرقام . غير انه يمكن اقامة الدليل بأن اي ترتيب بسيط للاشياء يكون مستمداً من العالم الحسي، هو ترتيب يمكن تحويله الى سلم رقمي. لكن الصعوبة تكمن في انه يمكن القيام بذلك بطرق لامتناهية في العدد ، وعليه فان المشكلة الحقيقية هي في امكان تقرير الجدوى من سلم كهذا قبل تعيين ارقامه .

ولنعد ، كمثال على ذلك ، الى مسألة الموقف السيكولوجي الذي يتخذه فرد ما تجاه العلم. لقد توصلنا فيما سبق الى ترتيب بسيط كانت البينة الاساسية فيه موقف ذلك الفرد من العلوم النظرية وشكلت العلوم التجريبية عاملاً ثانوياً بالنسبة اليه . ونستطيع الآن ان نربط هذه المواقف بارقام فنقول : اذا كان يهتم جدياً بالعلوم جميعها فاننا نحدد لذلك أربع نقاط ، واذا كان يهتم بالعلوم النظرية ، ثلاث نقاط ، واذا كان يهتم اهتماماً عادياً بالعلوم النظرية والتجريبية، نقطتين : واذا كان يهتم بالعلوم التجريبية فقط ، نقطة واحدة ، واذا كان يكره العلوم جميعها ، صفر . غير انة من الصعب علينا ان نرى الجدوى من سلم كهذا . وقد يكون ادعى للاهتمام لو أمكن لنا ، بطريقة ما ، ان نقيس درجة اهتمامه بالعلم ، على ان يكون للعلوم النظرية وزن اكبر من العلوم التجريبية . ان سلالم كهذه قد وضعت بالفعل على اساس الاختبارات الشائعة الاستعمال لدى المهتمين بامور التوجيه لتحديد مجالات اهتمام التلامذة . وعلى الارقام الواردة في سلالم كهذه ان تكون مفصلة بما يكفي للتمييزات الدقيقة

وان تنتقى بحيث يكمن فيها جذوة من جدوى . وعلى سبيل المثال فان الرقم قد يبين مستوى تلميذ ما بالمقارنة مع عالم من علماء المستقبل لا يزال في المرحلة الدراسية التي ينتمي اليها التلميذ الأول . وقد يكون ادعى للاهتمام ، بالنسبة الى شخص يهتم بالتوجيه الجامعي ، ان يقع على رقم يكون بمثابة دليل يشير الى احتمالات نجاح هذا التلميذ في مختلف المواضيع العلمية .

وكثيراً ما يقال ان العوامل التي نبحثها ههنا عوامل لا يمكن قياسها رقمياً. ونستطيع الآن ان نبرر هذا الانتقاد بعض الشيء ، ذلك لأن له ما يستند اليه . فالواقع ان اكثر القياسات هذه قياسات عشوائية لا أمل في جدواها . والنقاد محقون على الاقل، في قولهم انه لا يزال علينا ان نجد قياساً سهلاً مجدياً لهذه العوامل المختلفة . ان التبرير الذي لجأنا اليه في قياس الحرارة هو بساطة قوانين الحرارة المرتكزة على السلالم التي اعتمدناها . وعلينا الا نتوقع تبريراً نهائياً لمختلف الادلة السيكولوجية الا بعد ان يوفق شخص ما الى وضع قوانين بسيطة نستند اليها .

ويتوجب علينا الا نترك هذا الموضوع دون الاشارة الى ان الترتيب البسيط، بالنسبة للعديد من الغايات ، ذو فائدة لا تقل عن فائدة السلم الرقمي . واذا كان الامر لا ينطبق على تشكيل النظريات ، فان الترتيب البسيط يستطيع عادة القيام بنفس الدور الذي يقوم به القياس الرقمي بالنسبة لوصف النتائج التجريبية او تصنيف الاشياء . والواقع ان العلماء لا يثقون بالسلالم في كثير من التطبيقات العملية لانهم يدركون العشوائية التي تكمن وراء اختيار السلم المعين . ففي هذه الحال نجد ان الاقتصار على ترتيب بسيط هو أصح من ذلك بكثير .

ما هو السبب اذن في تحيز العلماء الشديد للسلالم الرقمية طالما ان الترتيب

البسيط يفي بالغرض نفسه في احوال كثيرة؟ والجواب على ذلك هو في تشكيل النظريات . فالنظريات تظل عديمة الفائدة اذا لم نتمكن من استنتاج مترتبات مفيدة منها. ولما كانت عملية الاستنتاج عملية رياضية فان الشكل الذي تتخذه النظرية يحدد الاسلوب الرياضي الواجب اتباعه . ان نظرية رقمية ما تمكننا من استخدام الاساليب الرياضية القوية المستمدة من حساب التفاضل والتكامل. اما النظرية المفرغة في قالب ترتيب بسيط فانها تحتاج الى معالجة رياضية اكثر تعقيداً . والواقع ان الاسلوب الرياضي اللازم لنظرية كهذه لم يرَ النور الا خلال السنوات القليلة الماضية ، وكثيرون هم العلماء الذين ليسوا على دراية به الى الآن . من هنا نرى ان السبب الحقيقي لتفضيل السلم الرقمي هو الملاءمة الرياضية . وقد نستطيع الآن ان نتكهن بحلول اليوم الذي يؤدي فيه تطور الرياضيات الى ان تصبح السلالم الرقمية اقل شأناً مما هي عليه اليوم .

من هذا كله يتبين لنا ان القياس يلعب حالياً دوراً رئيسياً في العلم ذلك لأن ربط الاشياء او الظواهر الطبيعية بأرقام يمكننا من دمج هذه الظاهرات في قوانين رقمية ، وهذا بدوره يعني امكان تطبيق جميع الوسائل المعروضة في الرياضيات الكلاسيكية . الا اننا نجد ايضاً ان التشديد الذي نضعه على القياس هو في الاغلب ظاهرة عابرة عرضة للتغير بتطور العلوم الرياضية .

٩ التعليلات العلمية

الهدف الاساسي للعلم تشكيل النظريات التي تعلل حوادث هذا الكون . ولقد نوهنا بهذه التعليلات العلمية في الفصول السابقة . وبشكل متواتر . اما الآن فقد حان الوقت لنفحص طبيعة هذه التعليلات .

التعليلات القويمة

لنأخذ مثلاً على تعليل علمي بأن نفترض اننا سألنا احد العلماء عن السبب في وقوع كتاب ما على الأرض اذا نحن أفلتناه من يدنا. وسيجيبنا العالم ان الكتاب اثقل من الهواء وان كل ما كان اثقل من الهواء يقع على الأرض اذا لم يجد ما يحمله وعندها يقتنع عالِمُنا بانه قام فعلاً بتعليل الحادث .

مفتاح هذا التعليل هو القول بأن « كل ما كان اثقل من الهواء يقع على الارض اذا لم يجد ما يحمله » . هذه نظرية عامة برهنت على صحتها الخبرة الطويلة ، لذلك فهي نظرية مقبولة ، ولكنها لا تأتي بتاتاً على ذكر الكتب .

علينا اذن ان ندلل بان الكتاب اثقل من الهواء قبل ان يمكن تطبيقها على المثل الذي ضربناه . وعندما تتوافر لنا النظرية وتتوافر لنا المعرفة بان

الكتاب اثقل من الهواء – فان ذلك يحتم وقوع الكتاب على الارض عندما نلقي به . ولنضع جميع هذه العوامل في قائمة كالقائمة التالية :

١ – يجب ان تكون لدينا نظريات عامة

٢ – على هذه النظريات ان تكون قد اثبتت صحتها

٣ – يجب ان تتوافر لنا معلومات مستقلة عن الوقائع والحوادث المطلوب تعليلها .

٤ – على الحادث المطلوب تعليله ان يشكل نتيجة منطقية للنظريات العامة والمعلومات المتوافرة .

لقد ابتدأنا بمثل جد بسيط ، غير ان نموذج التعليل هو نفسه بالنسبة لاكثر الحالات تعقيداً . فاذا سألنا عالماً ما كيف يعلل الطاقة الهائلة التي اطلقتها القنبلة الذرية فوق هيروشيما – فان تعليله قد يتطلب عدة ساعات – الا انه يتشكل من العناصر الاربعة الواردة اعلاه . فهو سوف يجيء على ذكر عدد كبير من النظريات الطبيعية المتعلقة بالظاهرات الذرية والمواد التي استعملت في صنع القنبلة – والعمليات الهندسية – وجميع القوانين الاخرى التي استخدمت في تصميمها . وتشكل هذه جميعها قوانين معترف بصحتها لان التجارب الماضية ادت بنا الى الوثوق بها الى حد بعيد جداً . وسيوافينا هذا العالم بالاضافة الى ما سبق، ببعض الحقائق حول مقاسات القنبلة ومقادير المواد التي استعملت في صنعها ، وكيفية توزيع هذه المواد فيها . ثم نجده يعمد الى اقامة الدليل (عن طريق عمليات حسابية تتطلب عدة ساعات بواسطة الآلات الحاسبة السريعة) انه يتحتم من النظريات ان قنبلة بهذه المواصفات تطلق مقداراً هائلاً من الطاقة . واذا نحن تفحصنا هذا التعليل بكل

عناية ثم قارنا بينه وبين الالقاء بكتاب ، فسنجد ان المظاهر الاربعة نفسها تقوّم التعليلين .

ولنضرب مثلاً من البيولوجيا لنبين ان هذا الطراز من التعليل العلمي لا يختص بالفيزياء وحدها . فنفترض ان هنالك عالماً بيولوجياً يقوم بتجربة توالد على نوع من انواع النبات فينتهي به الامر الى الحصول على ٣١٢ نبتة طويلة و٨٨ نبتة قصيرة . ان مشكلته الآن هي ان يعلل هذه النتيجة. انه على دراية بالخصائص المميزة للنبتات التي بدأ تجاربه بها ، والتي تتلخص في انه باشر تجاربه بعدد من النبتات الطويلة والقصيرة الخالصة التوالد (اي ان الطويلة منها كانت دائماً تنتج على شاكلتها ، وكذلك النبتات القصيرة). وعندما زاوج بين نبتات طويلة واخرى قصيرة ادى ذلك الى نبتات هجينة من الجيل الاول. اما النبتات التي نبحث أمرها الآن فهي نبتات الجيل الثاني . هذه اذن هي الحقائق المعروفة. اما القوانين التي يلجأ اليها لتعليل النتيجة فهي قوانين مندل وهي قوانين موثوق بصحتها لان العديد من تجارب التوالد قد اظهر صدقها . ان احد الفروق الاساسية بين قوانين مندل وقانون الجاذبية الذي بحثناه في فصل سابق يكمن في ان قوانين مندل ذات طبيعة احصائية – الامر الذي يعني ان النظريات مرتبطة باحتمالات وانها تؤدي الى تكهنات من طراز القول بأن « هنالك احتمالاً بمقدار كذا وكذا بالنسبة لوقوع هذا الحادث » ، بدلاً من ان تؤدي الى تكهنات جازمة . وباستطاعة المرء استناداً الى الوقائع المعطاة والى قوانين مندل – ان يستنتج بأنه يتوجب على العالم البيولوجي ان يستحصل على ٣٠٠ نبتة طويلة و١٠٠ نبتة قصيرة . كذلك يمكن الاستنتاج من هذه القوانين ، بواسطة اعتبارات احتمالية ، انه لا يتوقع للنتيجة الفعلية ان تجيء مطابقة بالضبط للنتيجة المنتظرة – بل ان تكون في الاغلب قريبة جداً منها.

اي انه من غير المتوقع ، على سبيل المثال، ان تحيد النتيجة بمقدار ثلاثين نبتة لجهة الزيادة او النقصان. هذا هو التضمين الذي يمكننا، على اساسه، من القول بأنه يمكن استنتاج الوضع النهائي الفعلي من النظريات والوقائع المعروفـــة . وعليه فان اثباتنا هذا يعتبر تعليلاً علمياً بالاستناد الى البينات المعتمدة لدينا .

اما هذا المثل الاخير فليس مثلاً استثنائياً بأي حال - بل يمكن اعتباره في الواقع بأنه اكثر الحالات شيوعاً . ولقد سبق لنـــا ان اشرنا الى ان جميع الحقائق العلمية عرضة لاغلاط طفيفة تتحكم فيها قوانين احصائية. اذن فأقصى ما يمكن ان نأمل في تحقيقه اطلاقاً هو ان نعلل السبب في حدوث ما قـــد حدث بالفعل ، علماً بأن التعليل نفسه كان ينطبق لو وقع حادث يختلف عنه في قليل .

ولعل خير وسيلة لتفهم قاعدة ما هي ان نراها تُخرَق . فقواعد الصرف والنحو كانت تغدو تجريدات دون معنى لو لم تمر بتجربة خرقهـــا - والخرق بهذا الشكل شائع جداً بالطبع - وسننحو الآن هـــذا النحو فنقوم بتوضيح قواعدنا الاربع ، وذلك بأن نقدم امثالاً على خرق كل منها .

التعليلات الرديئة

لنفرض اننا نحاول تفسير القول بأن زيداً من الناس هو رجل . بامكاننا ، مثلاً ، ان نستند الى واقع معروف : هو ان زيداً حاضر في الغرفة . وان النظرية العامة تقول بأن جميع الحاضرين في هذه الغرفة من الرجـــال ، فيتبع من هذا ان زيداً نفسه رجل . غير ان هذا تعليل رديء فهو يبـــدو صحيح

الشكل بينما هو يخرق القاعدة الاولى في الوقائع، لأن النظرية العامة التي تقدمنا بها ليست بالفعل كذلك، فهي ليست الا تقريراً مختزلاً لعدد من وقائع منفردة قمنا بمشاهدتها ، اي مشاهدات تتعلق بالجنس الذي ينتمي اليه العدد القليل من الذين كانوا في الغرفة ، وقد صيغت في شكل يجعلها تبدو وكأنها تعميم ، بينما ليست في الواقع كذلك. ان الذي جرى بالفعل هو اننا قمنا اولاً بملاحظة الجنس الذي ينتمي اليه كل من كان في الغرفة بما فيهم زيد ، ثم لجأنا الى هذا الواقع لنعلل كون زيد من الرجال . ان تعليلاً كهذا هو تعليل يدور بالطبع في حلقة مفرغة .

هذا الضرب نفسه من التعليل الرديء قد يبدو ادنى الى القبول العقلي لو نحن لجأنا الى تعليل كالتالي : « زيد هو تلميذ في كلية دارتموث[1]. جميع تلامذة هذه الكلية من الرجال . زيد ، اذن ، من الرجال » . وعندما يطلق المرء تعميماً بشأن جميع التلامذة في كلية دارتموث ، فان ذلك يبدو وكأنه سرد لنظرية عامة . والواقع ان ذلك صحيح لو كان الامر يتعلق بجميع تلامذة تلك الكلية في الماضي والحاضر والمستقبل . اما اذا كان الامر لا يتعدى التلامذة الحاليون — او التلامذة السابقين والحاليين — فانه لا يكون الا تلخيصاً لمشاهدة حقائق منفردة احداها تقول بأن زيد هو من الرجال . وفي هذ الحال نجد ان التعليل يدور ، مرة اخرى ، في حلقة مفرغة .

وانه لمن الممتع ان نعمد الى تحري تفسير آخر ، لنظريتنا ، تفسير يفترض انطباق التعميم على جميع تلامذة كلية دارتموث، بما فيهم التلامذة في المستقبل. ففي هذه الحال تكون القاعدة الاولى لا شك مستوفاة، الا ان قدراً ملحوظاً

---

١ — Dartmouth College

من الريب يساور القاعدة الثانية . وانه لمن المشكوك فيه ان نجد مطلق عالم على استعداد للقول بان البراهين الماضية تشكل اساساً صحيحاً لتقبل التعميم بان كلية دارغوث لن تقبل النساء ابداً ، فقد سبق ان رأينا عدداً كبيراً من معاقل الرجل الامريكي وقد تداعت امام ضغط الجنس الضعيف . لذلك، فان تعليلاً كهذا يشكل خرقاً للقاعدة الثانية . ان لدينا الآن نظرية عامة، لكنها لا تزال مفتقرة الى اساس متين ، وهي تشكل مثلاً طريفاً على ان التعليل يظل رديئاً كيفما تدبرناه ، لانه يخرق القاعدة الثانية في احد تفسيراته بينما هو يشكل خرقاً للقاعدة الاولى بحسب التفسير الآخر .

وهاكم مثلاً آخر اكثر وضوحاً من الاول على خرق القاعدة الثانية : « كل طيور البجع بيضاء اللون ، بينيلوب[1] بجعة ، اذن بينيلوب بيضاء » . ان القانون العام ههنا هو «كل طيور البجع بيضاء اللون » . اما الواقع المعروف فهو ان بينيلوب بجعة . ولنسلم بانها بجعة ولن يكون بامكاننا ، بعد ذاك ، ان ننكر بان الاستنتاج بانها بيضاء اللون انما ينبع من تطابق الوقائع مع القانون العام . ولكن ها نحن امام برهان قاطع بأن القانون العام على خطأ ، لانه تم اكتشاف بجع اسود اللون في اوستراليا ، ويمكن مشاهدته الآن في عدة بقاعٍ من الولايات المتحدة . اذن فتعليلنا رديء لانه قد تبين ان قانوننا على خطأ . هذا مثل طريف ، لان التعليل نفسه كان صالحاً ومقبولاً الى ان اكتشف البجع الاسود، كما انه يشير الى ان ما يشكل تعليلاً علمياً ممتازاً في فترة ما قد يغدو مرفوضاً في فترة لاحقة . وكما يتوجب اجراء تغيير في النظريات بين حين وآخر ، بل الاستغناء عنها ، كذلك يتوجب تعديل التعليلات العلمية أو اهمالها .

---

١ — Penelope

ان ما يدعى بالتعليلات العلمية التي يتقدم بها رجل الشارع غالباً ما تخرق القاعدة الثانية . فاذا حدث ان استمعت الى احدهم يتقدم منك بتعليل كامل للوضع الدولي ، فمن المرجح ان يكون قد لجأ الى تعميات يؤمن بصحتها ، لكنها في الواقع تعميات لا تتمتع الا بقدر ضئيل من التوثيق . وانها لتجربة شائعة انه عندما يحاول اناس عاديون التوصل الى استنتاجات مبنية على الوقائع المعروفة فانهم ينتهون الى تكهنات وتعليلات بيّنة الاختلاف . والسبب في ذلك يعود الى ان كلاً منهم قد لجأ الى نظريات بدرجة واحدة من المعقولية ورداءة الاساس . ويجدر بنا ، تحت هذا العنوان نفسه ، ان نذكر من التعليلات ما كان ابن ساعته كأن نسأل «ما هو السبب في ان فلاناً يكره لحم الخنزير المعلب ؟ » فنجيب « لأنه اكل منه أكثر مما يحتمل خلال خدمته في الجيش » . ان التعميم الذي ينطوي عليه هذا التعليل ، اذ يشير الى ان جميع الرجال الذين اكثروا من اكل هذا الصنف في جيش الولايات المتحدة لا بد كارهوه ، هو تعميم لا تدعمه البينات المتوافرة .

ولننظر الآن في حالات خرق القاعدة الثالثة . ان التعليل يدور في حلقة مفرغة اذا لم تكن معرفة الوقائع مستقلة عن التعليل . ولنفرض ان احداً قال لنا : «غلوريا فتاة شقراء طويلة القامة ، وجميع الشقراوات يجذبن الرجال» . ثم لجأ الى قوله هذا لتعليل السبب في كون غلوريا طويلة القامة ، فلا شك في اننا نتبين الحلقة المفرغة بسهولة . الا انه قد يكون هنالك امثلة اكثر ابهاماً ، كالقول : «جميع العقبان لها اجنحة . هذا الطائر عقاب ، اذن فله جناحان» . والعقدة هنا هو ان حيازة العقاب على جناحين تشكل جزءاً من تعريف العقاب ، وعليه فان الحقيقة الاساسية ههنا ، اي ان هذا هو عقاب ، تحتوي على الواقع المتوجب تعليله .

وثمة حالة خاصة مهمة في مجال التعليل الكاذب هذا ، الا وهي الحالة المتمثلة في التعليل عن طريق «اطلاق التسمية » عليه . ولنفرض اننا اكتشفنا حيواناً له عادة غريبة بأن يسير دائماً في شكل دائرة ، وانه ليس لدينا أي فكرة عن كيفية تعليل ذلك ، فاذا نحن نخترع كلمة جديدة ككلمة «مَشيدائري»[1] مثلاً لننعت بها الحيوانات التي يكون سيرها على شكل دائرة، ثم نعمد ، بعد ذلك ، الى التعليل بان ذلك الحيوان يسير على شكل دائرة لانه «مشيدائري ». هذا بالطبع مخالف للشرط الثالث ، لان القول بأن «هذا الحيوان مشيدائري» هو نفسه القول بأن «هذا الحيوان يسير على شكل دائرة»، والذي كان يتوجب تعليله بادىء الأمر . اذن فخط مسير هذا الحيوان ليس الشيء الوحيد الذي قد اتخذ شكلاً دائرياً في هذا الصدد ، بل يشاركه في ذلك التعليل نفسه. ولكن ألم نلجأ للنظرية العامة القائلة بأن «جميع الحيوانات المشيدائرية تسير في دوائر ؟ صحيح اننا لجأنا الى هذه «النظرية» ، الا ان السير في شكل دائرة هو جزء من معنى « مشيدائري » ، لذلك فالنظرية في الواقع فارغة (اي تحليلية)، وعليه يكون تعليلنا نفسه يدور في حلقة مفرغة.

ويوفر لنا موليير[2] مثالاً ممتعاً عن تعليلات « اطلاق التسمية » هذه . ففي رواية « الطبيب بالرغم عنه » نجد ان « الطبيب » يربح جائزة لتفسيره السبب الذي يجعل المورفين يسبب السبات . انه يفعل ذلك بأن يشير، اولاً ، الى ان جميع المخدرات تسبب السبات ، وان المورفين من المخدرات، اذن فانه يسبب السبات . ان الجملة الاولى في هذا التعليل تمثل النظرية العامة ، بينما تمثل الجملة الثانية حقيقة معروفة ، وعليه فاننا ندعي ان ذلك يشكل تعليلاً علمياً . ان

---

١ – Rotopedist

٢ – Molière

كلمة « مخدر » ، بالطبع ، تعني « احد العقاقير التي تسبب السبات » : اذن «نحن» مرة اخرى، امام نظرية فارغة وتعليل مفرغ. غير اننا نؤكد لطبيب موليير انه ليس الوحيد الذي لمع اسمه في تاريخ العلم لأنه استنبط اسماً جديداً.

ان العلوم الناشئة هي أكثر ما تقع في خطأ استبدال التعليلات بالتسميات. ونجد بأن الشعور بالخيبة يعتري التلامذة الذين يختارون دراسة مدخل الى بعض هذه الموضوعات. غير انه يجدر بالمرء ان يقف بعض الشيء بجانب العلوم هذه في اتباعها هذا النهج ، ذلك لاننا تبيّنا في السابق حاجة العلم الجديد لاطلاق مقدار ملحوظ من التسميات ، نظراً لأن التصنيف عملية اساسية في جميع العلوم ولأنه نقطة البداية في تشكيل التعليلات العلمية . غير انه يجدر بالمرء ألا يغالط بين التصنيف والتعليل .

والنموذج الاخير من التعليل الكاذب هو التعليل المبتور حيث يكون الاستنتاج غير مستند الى معطيات . لنفرض اننا أشرنا الى ان سيدة معينة هي عضو لا فعالية له في مجلس النواب الامريكي ، فاذا بآخر ينبري ليقول : « انها امرأة ، ولجميع النساء نقطة ضعف حيال الرجال ، وهذا هو السبب في قلة فعاليتها في المجلس » . صحيح انها امرأة ، ومن المعقول جداً ان تكون في النساء نقطة الضعف المشار اليها . الا ان لا شيء البتة يمكن ان يتبع من هذا فيما يعود الى فعاليتها كمشرّعة. ان خرقاً كهذا للقاعدة الرابعة هو من الحِيَل التي تلاقي الحظوة عند الخطباء السياسيين . فاذا سُئِلوا تعليلاً لحادث محرج نراهم يوردون ارقاماً ذات شأن ويتقدمون بنظرية مقبولة ، ولا يفترض من السامع ان يلاحظ بأن هذه جميعاً غير ذات علاقة بالحادث المطلوب تعليله .

الا ان ثمة حالات يكون فيها انعدام العلاقة ، أمراً بادياً وحسب ، لأن

ثمة مرحلة من مراحل التعليل قد أهملت . ان علينا الآن ان نبحث في هـذه التعليلات الجزئية .

التعليلات الناقصة

عندما يتعلق الامر بتعليل كامل فان الحادث الذي يتوجب تعليله يستنتج من بعض نظريات ومن وقائع معروفة . اما في التعليلات الناقصة فنجـد أن ثمة نظرية او واقعة قد أهملت . ولننظر بادىء ذي بدء تلك التعليـلات التي تعتمد نظرية واحدة وواقعة واحدة لا أكثر. ففي هذه الحال يكون التعليل الناقص اما بسبب فقدان النظرية واما لعدم توافر الواقعة .

ولنفرض اننا امام تعليل لا واقعة فيه . انـه قد يكون من طراز القول « جميع الرجال مشوشو التفكير . وهـــذا هو السبب في ان زيداً مشوش التفكير » . ان الواقعة الناقصة ههنا هي ان زيداً هو رجل . وهـــذا مثل نموذجي نوعاً ما، للتعليلات الناقصة ، حيث يكون العنصر النـــاقص بديهياً لدرجة اننا لا نـكلف أنفسنا مشقة توفيره .

وثمة حالة مماثلة نجد فيها ان النظرية البديهية ناقصة . فالقول « زيـد من البشر، لذلك فانه يرتكب الخطأ» ، هو مثل تنقصه النظرية القائلة بأن جميع البشر يرتكبون اخطاء . الا ان هذا النقص في حال النظريات (وان وجد له ما يبرره) لا يشكل بتاتاً الحالة العامة . فالتعليل عادة ما يفتقر الى نظرية اما لاننا لا نعرف ما هي او لأننا لسنا نـكلف أنفسنا مشقة سردهـا . يقوم احدهم باستنتـاج فرويدي" فيقول « كان عمرو يكره مربيتـه ، لذلك فهو

خجول » . اما نحن فيعترينا شعور مبهم بأن التعليل هذا معقول وان نظرية فرويد هي الحلقة المفقودة . غير اننا نجد أنفسنا امام مشاكل كبيرة اذا نحن حاولنا سد الثغرة . اما الحلقة المفقودة البديهية فهي النظرية القائلة « كل من يكره مربيته يغدو خجولاً فيما بعد » . الا ان هذا ليس صحيحاً البتة . واذا نحن حاولنا ، بدلاً عن ذلك ، ان نشكل نظرية أضعف من الاولى بأن نقول « كل من يكره مربيته ولا يجد لكراهيته هذه متنفساً يغدو خجولاً فيما بعد» ، فان النظرية قد تكون اكثر قبولاً ، الا انها لا تعود تفي بالغرض . واذا نحن أضفناها الى التعليل نرى بأننا نحتاج الى وقائع أكثر ، اي الى البرهان بأن عمرو لم يجد متنفساً لكراهيته . غير ان كل ما نكون قد فعلناه هو الانتقال من طراز من التعليل الناقص الى طراز آخر .

ومن ادعى الحالات للاهتمام في مجال التعليلات الناقصة الحالة التي نجد فيها ان واضع التعليل خليق ان يصاب بصدمة اذا هو أدرك اي نظرية هي تلك التي سلـّم بها . ويمكننا ، على سبيل المثال ، ان نأخذ التلميذ الذي يصوت لصالح الحزب الجمهوري لأن ابويه يفعلان ذلك. ولعلّ أقرب تخمين الى القبول الطبيعي في هذا الصدد ان الحلقة المفقودة هي النظرية القائلة : « انني أفعل كل ما يفعله ابواي » . والواقع ان هذه تكون بالفعل النظرية المفقودة ، غير ان تلميذنا هو آخر من يقرّ بها . اما المخرج من هذه النظرية الممجوجة فهو القول بأن الجميع يصوتون كما يصوت آباؤهم . وهذا بالطبع خطأ. وقد يكون ثمة حلول اخرى، الا اننا سوف نجد في كل حال على حدة ان النظرية المفقودة اما خاطئة او ان واضع التعليل يمجها. وهذا مثل جيد يبين السبب في وجوب جعل تعليلاتنا العلمية كاملة كلما كان ذلك في حيز الامكان .

وهنالك حالات عديدة اكثر تعقيداً مما تقدم في مجال التعليلات الناقصة . والواقع اننا لو سألنا احد العلماء ان يعلل لنا حادثاً ما، فسنحصل في الغالب على تعليل ناقص . ان نظريات العلم شديدة الترابط بعضها ببعض لدرجة ان التعليل البسيط نسبياً قد يلجأ الى جميع النظريات في احد فروع العلم المعينة. فعندما يقوم العالم البيولوجي بتعليل احدى الوقائع حول الاحياء الدقيقة فمن المرجح له ان يلجأ الى المشاهدات التي أجريت بالمجهر بالاضافة الى نظرياته البيولوجية ، الا انه من غير المتوقع له ان يسرد قوانين البصريات التي تنطبق على المجهر مع ان هذه النظريات ضرورية بالنسبة للتعليل الكامل . وهذا هو السبب في انه يصعب علينا ان نحكم ما اذا كان تعليل علمي ما قد بلغ حد الكفاية . وعلينا ان نفترض بأنه يمكن توفير جميع المراحل المفقودة بشكل مباشر. اما اذا حدث ان واجه التعليل ما يتحداه ، فلا مندوحة من وجوب افراغه في شكل يستوفي القواعد الاربع .

التعليلات والتكهنات

علينا الآن ان نتساءل : أتُفسِّر تعليلاتنا الوقائع حقاً ؟ فلقد قلنا ، على سبيل المثال ، ان تعليل سقوط كتاب ما على الارض يستند الى واقع هو ان الكتاب المذكور أثقل من الهواء وكذلك الى نظرية تقول ان الاشياء التي تكون اثقل من الهواء تسقط على الارض اذا لم تجد ما يحملها . ولكن هل يفسر هذا شيئاً في الواقع ؟

صحيح ان هذا التعليل يطابق الشروط الاربعة جميعاً . ولكن ما الذي يجعل جميع الاشياء تسقط اذا كانت اثقل من الهواء ؟ بامكاننا ان نعلل هذه

النظرية بدورها بالرجوع الى قانون الجاذبية . ولكن ما الذي يجعل هذا القانون صحيحاً ؟ من الواضح ان هذه اسئلة لا نهاية لها . وهذه ظاهرة شائعة في تجاربنا مع الصغار الذين يعودون الينا كلما اجبنا على اسئلتهم وليسألوا «لماذا ؟ » من جديد . وقد يصبر الوالدان على هذه الاعادة ثلاث مرات او اربعاً ، ولكن سرعان ما يستنفد الصغار جعبة النظريات عند والديهم ، الذين يلجأون عندئذ الى القول بأن « حسبنا ان نرى الصغار دون ان نسمعهم » . اما اذا ثابر هؤلاء الصغار على الالحاح باسئلتهم فان الوقت يحين اذ ذاك لكي يلجأ الوالدان الى عرض لقوتهم البدنية ترجيحاً لكفتهم .

ان التعليل الكامل ، بهذا المعنى ، امر مستحيل اطلاقاً ، وما يتوجب علينا ، استناداً الى قواعدنا الاربع ، هو ان نستخدم نظرية مقبولة . على انه يمكن لنا دائماً ان نسأل عن سبب تقبل هذه النظرية ، لكن هذا مما يعود بنا القهقرى الى ما لا نهاية له . غير ان التعليلات العلمية تحقق ، بالرغم من ذلك، غاية مفيدة، ذلك لأن تعليلنا عبارة عن اثبات بأن الحادث الجديد ينسجم في نموذج المعرفة العام المتوافر لنا . وهذا ، نوعاً ما ، هو الامر الذي كان لنا ان نتوقعه ، ولا يضير تفهمنا للتعليل هذا اننا لا ندري السبب الذي يجعلنا نتوقع ذلك ، بل يكفي لذلك ان نعرف بأنه كان بامكاننا ان نتوقع حدوث شيء ما على شاكلة ما قد حدث بالفعل . ونحن ، عندما نضع الامر بهذا الشكل، فاننا نكون قد اقتربنا كثيراً من حديث التكهنات ، اي اننا عندما نقول بانه كان بامكاننا ان نتوقع حدوث واقعة معينة فاننا نعني انه كان يمكن لنا ان نتكهن بها . وعلى اساس من الخبرة السابقة نجدنا قد وضعنا نظرية عامة تنطبق لا على الماضي والحاضر فحسب، بل على المستقبل كذلك، كما نجد اننا ، استناداً الى هذه النظرية ، قد تكهنا ، أو كان يمكن لنا ان

تتكهن ، بوقوع الحادث المعين . ويدل هذا على تشابه قويّ بين التكهنات والتعليلات ، تشابه من المجدي لنا ان نتابعه .

لنطرح السؤال حول ماهية الفرق الاساسي بين التعليل والتكهن . ان هنالك فرقاً ملحوظاً هو ان التعليل يتعلق بشيء نعرف انه صحيح ، في حين ان التكهن يشكل نوعاً من التكفل بمعرفة ما سوف يحدث في المستقبل. وقد يبدو هذا الفرق بيناً اذا نظرنا الى الامور من خارجها ، الا اننا ، اذا ما نظرنا الى الوسائل الداخلية للتعليلات والتكهنات، فسوف نخفق في العثور على اي فرق اساسي . ذلك لانه يتوافر لنا ، في الحالين ، نظرية عامة مثبتة كما يتوافر لنا عدد من الوقائع التي يمكن ان نبدأ بها ، فنستنتج من النظريات والوقائع حقيقة جديدة . وكلمة « جديدة » ههنا قد تعني « جديدة بالنسبة الينا» ، او «حدث لم يقع بعد» . اما بالنسبة لمنطق المسألة ، فليس ثمة فرق اساسي .

ولا شك بان شعور التهكم قد راود الكثيرين حين قرأوا بان احدى الآلات الحاسبة المشهورة بسرعتها قد تكهنت بوقوع عاصفة هبت منذ بضع سنين... الا ان الواقع هو ان ذلك يشكل انجازاً كبيراً.ذلك لأن العلماء قد اقتصروا، عند محاولتهم التكهن ، على النظريات المعروفة في علم الظواهر الجوية (الميتيورولوجيا) وعلى الحقائق التي كانت معروفة قبل هبوب تلك العاصفة . وقد كانت هذه النظريات والحقائق معروفة في العام الذي هبت فيه تلك العاصفة ، الا ان علماء الظواهر الجوية لم يتمكنوا من التكهن بها في الوقت المناسب لفقدان الوسائل الكفيلة باستخلاص الاستنتاجات المنطقية (اي الآلات الحاسبة) . ان الآلة الحاسبة المشار اليها لم تلجأ الى معلومات لم تكن متوافرة لعلماء الظواهر الجوية قبل هبوب العاصفة ، واجراء الحساب الفعلي بعد سنين

من ذلك لا يؤثر البتة في العملية نفسها . هذا المثال يبين ان اعتبار استنتاج منطقي معين على انه تعليل او تكهن انما يعتمد على الحدث الاتفاقي فيما اذا حصل الاستنتاج قبل الحادثة او بعد وقوعها .

ان هذا التماثل المنطقي بين عملية التكهن وعملية التعليل يشكل وسيلة مفيدة للتأكد مما اذا كان تعليل ما مقبولاً علمياً . ولنا ان نطرح على انفسنا هذا السؤال : « هل كنا نستطيع التكهن بوقوع حادث معين او حادث مشابه له لو تيسرت لنا معرفة هذه النظريات في الوقت المناسب وتوافرت لنا جميع المعلومات التي غدت معروفة اليوم ؟ » فاذا كان الجواب ايجاباً فاننا امام تعليل علمي ، اما اذا كان الجواب سلباً فاننا نكون قد سوّغنا الامور.

هذا التحليل يلقي ضوءاً جديداً على مختلف مراحل المنهج العلمي الذي بحثناه في الفصل الخامس . ان على العالِم ، اذ يبلغ المرحلة الثالثة ، ان يستنتج بعض التكهنات من نظرياته والمعلومات المتوافرة لديه ، كما يتوجب عليه التحقق من صحتها عند بلوغه المرحلة الرابعة ، الامر الذي يعني ، ضمناً ان هذه المعلومات جديدة كلياً نوعاً ما. اذن فمن الواضح الآن انه يهم النظرية الجديدة ان تتمكن من التكهن بوقائع معروفة لكنها دون تعليل ، بقدر ما يهمها ان تتكهن بحادث لم يقع بعد . وثمة مثال مشهور على هذا في احدى الدلائل الرئيسية لنظرية النسبية . فنظرية نيوتن في التجاذب أعطت تعليلاً ممتازاً للمدارات التي تتبعها جميع الكواكب السيارة ما عدا كوكباً واحدا منها. فكانت تكهناته فيما يختص بمدار الكوكب عطارد غير مطابقة للمشاهدات التي جاءت فيما بعد. اما نظرية أينشتين في التجاذب فقد استطاعت ان تتكهن او تعلل بالضبط السبب في ان مدار عطارد لم يأت كما تكهن به نيوتن . اما

النتيجة فكانت أقل روعة من تكهن أينشتين حول التواء أشعة النور ، الا انها لم تكن أقل فائدة منها في تثبيت نظرية النسبية .

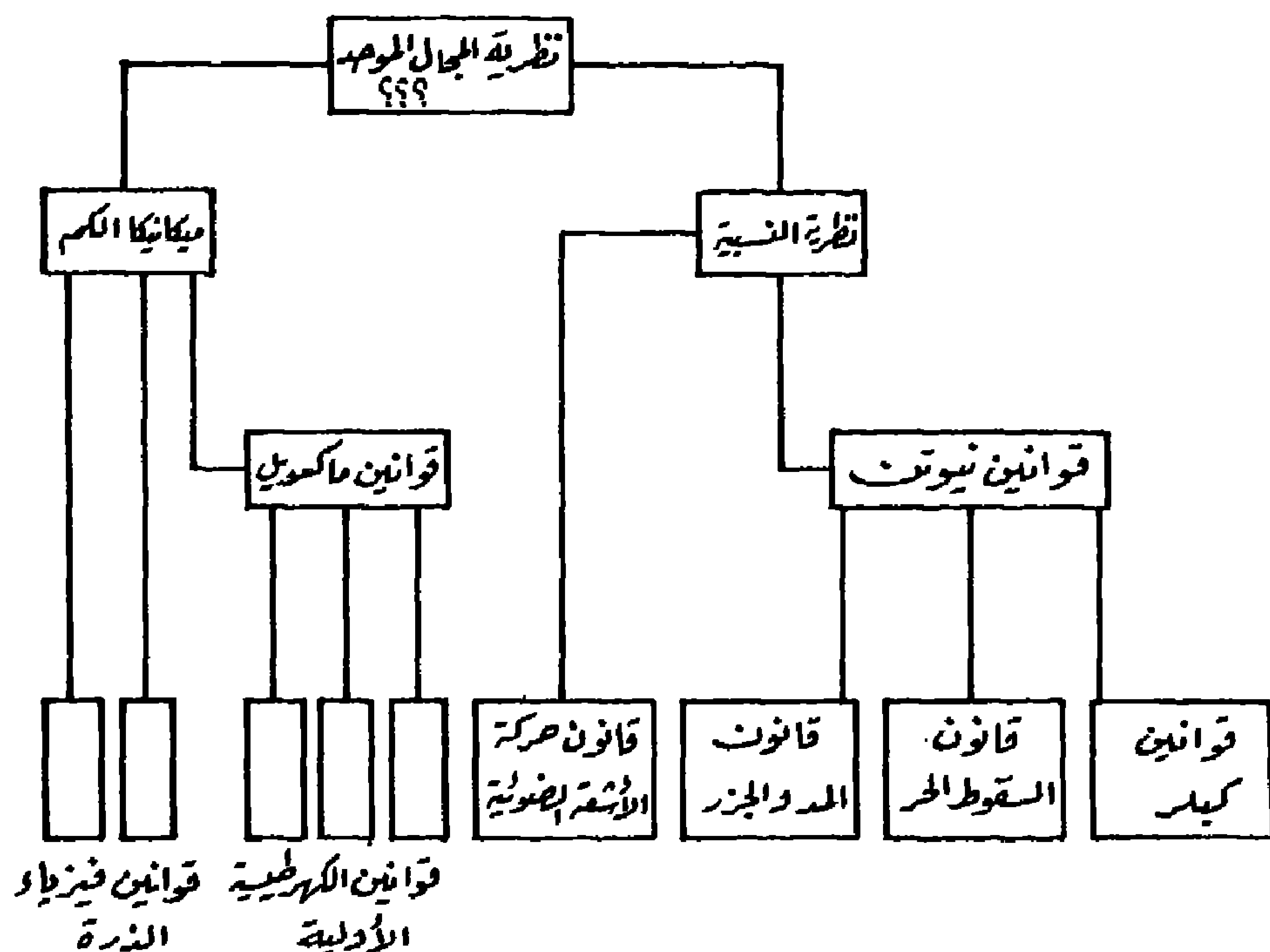
ولا يزال ثمة بقية من شعور بأن التكهن بالمستقبل خير من تعليل شيء معروف . والسبب في ذلك يعود الى انه من السهولة بمكان ان نتقدم بتعليل كاذب لحقائق نعرفها. الا ان الاستناد ههنا يجب ان يكون الى الوفاء بالقواعد الاربع لا الى كون الحقائق معروفة . ومن السهل تبيّن التعليلات الكاذبة ، ذلك لانها اما ان تدور في حلقة مفرغة ، أو ان النظريات التي يستند اليها غير ثابتة ثبوتاً كافياً ، أو ان الحجة ناقصة . والحالة المعاكسة شائعة ايضاً في العلم ، فقد يحدث ان يقوم عالم ما بتكهن رائع تثبت صحته في المستقبل بالرغم من ان تعليل هذا العالم له لم يكن مقبولاً . ففي هذا الحال يكون العالم قد استبدل التعليل العلمي بتكهن موفق .

مراتب التعليلات

على المرء الذي يريد ان يغدو عالماً اصيلاً الا يفقد دافعه الصبياني لسؤال «لماذا ؟» فالعالم لا يكف عن السؤال حتى ولو كنا نعلم ان الاجابة ستؤدي الى مزيد من الاسئلة . وتشكل اكثر الفروع العلمية توفيقاً ، أمثلة على الاجوبة المتتالية لسؤال «لماذا ؟» ، نأخذ منها مثل قوانين الحركة .

هنالك ، في المقام الاول ، بعض قوانين مستمدة من التجربة بشكل مباشر ، نذكر منها قوانين كبلر الثلاثة حول سير الكواكب ، وقوانين جاليليو في السقوط الحر ، وقانون المد والجزر . لقد قامت هذه القوانين

جميعاً بتعليل حقائق معروفة . ثم جاء نيوتن وتساءل «لماذا» . فشكل نظرية تمكنت من تعليل النظريات الثلاث مجتمعة . هذه العملية مشابهة لتلك التي ترضخ للقواعد الاربع ، غير اننا نلجأ اليها لتعليل نظرية معينة لا حدثاً منفرداً. وبكلمة اخرى، فان ما نستنتجه ليس حدثاً معزولاً بل نظرية عامة. وبامكاننا ان نستنتج جميع قوانين كبلر وجاليليو وقانون المد والجزر من قوانين نيوتن المختلفة (بالاضافة الى بعض حقائق معروفة). وها هوذا أينشتين يضع نظريته العامة في النسبية ، التي أمكن له بواسطتها ان يستنتج لا قوانين نيوتن فحسب بل كذلك ، وعلى سبيل المثال ، بعض القوانين المتعلقة بحركة أشعة النور . وعليه نجد اننا أمام مراتب من التعليلات حيث تقوم النظريات بتعليل الحقائق التي تشكل المرتبة الدنيا ، ثم يجري تعليل كل من هذه



مراتب القوانين

النظريات بدورها بواسطة نظريات من مرتبة أعلى ، وهكذا الى ان نبلغ حدود معرفتنا الحالية (راجع الرسم الايضاحي) .

ولهذه المراتب عدة نواح مهمة جديرة بالاهتمام . فليس صحيحاً كل الصحة ان قوانين كبلر تستنتج من قوانين نيوتن، ذلك ان نيوتن قد استنبط في الواقع قانوناً محسّناً لحركات الكواكب السيّارة . فبرهن انها كانت خليقة ان تسير في مدارات بيضاوية الشكل لو لم تكن ثمة كواكب اخرى ، وان هذه الكواكب الشقيقة تجذبها من مداراتها البيضاوية الشكل . وبهذا تمكن نيوتن لا من تعليل المدارات البيضاوية في الاساس فحسب، بل استطاع تعليل الانحرافات (باستثناء خطأ بسيط بالنسبة لعطارد) .

كذلك فقد أثبت ان قانون جاليليو هو قانون تقريبي ، لأن تسارع حجر متساقط يزداد بمقدار ضئيل كل الضآلة عندما يقترب من سطح الارض . ولقد استطاع أينشتين ، بشكل مشابه ، ان يثبت ان نيوتن كان تقريباً على صواب وانه قد أمكن له ان يحسّن في نظريته كما فعل ، على سبيل المثال ، في مدار عطارد .

والناحية الثانية الجديرة بالاهتمام هي ان النظريات التي تقع في « مرتبة أعلى » تشمل مجالات أوسع من جميع النظريات التي تقع في مراتب دونها . فنيوتن كان يستطيع ان يعلل حركة السيّارات المذنّبات او الرصاصة المنطلقة والسقوط الحر وحركة المد والجزر. أما أينشتين فكان يستطيع التكهن بانحناء أشعة الضوء ، الامر الذي لم يكن يخطر ببال من قبل . لذلك فالحافز الى التعليل يحقق التقدم في اتجاهين : مقدار أوفى من الدقة ، ومجال تطبيقي أوسع للنظريات العلمية .

امامنا اذن صورة عن تقدم العلم بشكل يجعله قادراً على تعليل الحادثات في مجال يزداد اتساعاً ودقة مع الايام . ويمكن لنا ، على هذا الاساس ، ان نتصور العالِم على انه يهدف الى العثور على قانون الطبيعة الذي سوف يمكنه من تعليل جميع الحقائق بدقة تامة . ان هذا الهدف ، وان كان لا سبيل لتحقيقه ، يجعل العالِم يجاهد للعثور على نظرية تكون لها تطبيقات في جميع فروع العلم — نظرية واحدة يمكن لها ان تعلل جميع نظرياته الاخرى .

وفي حال العثور على قانون منفرد يوحد مجموعة معرفتنا، فان ذلك لا يعني وقوف عجلة التقدم ، ذلك لأننا سنجاهد آنذاك لتحسين هذا القانون في كل من الاتجاهين المحددين : أي في توسيع مجاله وزيادة دقته . ولما كان من المتوقع ان تكون ثمة معضلات رياضية غير محلولة في كل مرحلة من مراحل العلم ، فان تحسين النظريات يجب ان يرافقه ويوازيه تطوير رياضي متزايد للنظريات القائمة حالياً .

ويشكل تطور نظريات أينشتين مثلاً على هذا القول الاخير . فقد كانت جميع الأدوات الرياضية متوافرة بالنسبة للنظرية الخاصة في النسبية . اما فيما يتعلق بالنظرية العامة في النسبية فان أكثر العمليات الرياضية اللازمة لها كانت قد اكتشفت ، الا ان أينشتين لم يكن على علم بذلك فكان عليه ان يعيد استخلاص جزء كبير من تحليل الكميات الممتدة[1] لكي يستطيع وضع استنتاجات منبثقة من نظريته العامة في النسبية. اما فيما يعود الى نظريته في المجال الموحد (Unified Field Theory) فاننا في مركز لا نحسد عليه ، لأن المسائل الرياضية المنبثقة عنها أصعب من ان تتمكن رياضيات اليوم من حلها. لذلك فلا يمكن،

---

١ — tensor

في الواقع ، ان نستخلص منها اي استنتاج، او نقوم على اساسها بأي تكهن، او نجري اي فحص لتحديد مقدرة هذه النظرية الجديدة على تعليل الحقائق المعروفة، وهذا هو السبب الذي يجبر العلماء على اتخاذ موقف حيادي ازاءها. ان لدينا ههنا مثالاً على حـال يتوقف فيهـا علم الفيزياء حتى تلحق الرياضيات بركبه .

دور «الغاية» في التعليل

في أذهاننا ترابط بين التعليلات ومفهوم «الغاية» فاذا نحن سألنا احداً ما عن السبب في قيامه بتصرف معين فانه ينبئنا عن الغاية التي كانت في باله. فهو قد ذهب لمشاهدة فيلم سينمائي لانه أراد الاسترخاء . أو انه قرأ رواية بوليسية لأنه كان يأمل في اكتشاف عقدة مثيرة ، أو انه درس في كلية معينـة لانه كان يأمل في متابعة طراز معين من التعليم . اننا نجد ، في كل حـال ، رغبة أو املاً أو غاية معينة كان يريد تحقيقها . ان هذا الترابط المتبقي في أذهاننا قد يكون السبب الدفين لتبرمنا بكثير من التعليلات العلمية .

لقد بلغت رغبة العلوم الاغريقية في ارجاع كل شيء الى غاية ما ، مبلغاً جعل الاغريق يستشفون «الغاية» حتى في الطبيعة الخرساء . أما التعليلات التي نتجت عن ذلك فكانت على مبلغ كبير من جمال التصوير ، الا انهـا لم تكن علمياً بذات قيمة . لقد كانت تعليلاتهم تتلخص دائماً في ان أمراً ما قد حدث لأنه متوافق مع غاية الكون . ولا شك بان هذا التعليل يكون ذا فائدة لو كانت لدينا أي فكرة عن غايـة الكون هذه . وبما ان الاغريق لم يتقدموا باي بينات دقيقة حول هذا الامر ، فان تعليلاتهم ظلت دون أي قيمة علمية.

اما الشكل الذي يتخذه هذا الطراز من التعليلات في القرن العشرين فهو القول بان حادثاً معيناً قد وقع لأن الله شاء ذلك . هذا قول يمكن ان يكون صحيحاً أو خاطئاً ، لكنه يظل دون قيمة كتعليل علمي الا اذا علمنا ما هي مشيئة الله . ولقد أشرنا سابقاً الى ان هنالك اختباراً بسيطاً للتعليل العلمي مؤداه هل باستطاعتنا ان نتكهن بوقوع الحادث اذا أُعطينا النظرية المعينة والحقائق المعروفة . فلو كنا نعلم كل الذي أدى الى وقوع ذلك الحادث، وان الحوادث لا تقع الا اذا شاء الله ذلك ، أكنا عندئذ نستطيع ان نتكهن بوقوع الحادث المعين ؟ الجواب ، لا شك ، هو بالنفي . وهذا ما نعنيه حين نقول بان هذا الطراز من التعليل الديني لا قيمة علمية له بصرف النظر عما لهذه التعليلات من شأن عظيم في اللاهوت .

ان الناحية التي تدعو للاهتمام في كل من التعليلات الاغريقية والدينية هي انه لا يمكن لنا اعتبارها تعليلات علمية ما لم نكن على دراية بماهية غاية الكون أو مشيئة الله . اما اذا تيسرت لنا معرفة هذه الغاية أو تلك المشيئة فلن تعود بنا حاجة لهذا الطراز من التعليل. ولنفترض ان لدينا معرفة جزئية بمشيئة الله ، كأن نعلم ، مثلاً ، ان مشيئته ان تنشب حرب كبرى مرة في كل ربع قرن . ان هذه النظرية العامة تصلح ، لا شك ، للتعليلات العلمية أو التكهنات . فاذا حدث ان عشرين عاماً قد مرّت دون نشوب حرب كبرى، فانه يمكننا يومئذ ان نتكهن بوقوعها خلال السنين الخمس القادمة . لقد توافر لنا الآن تعليل علمي صحيح ، الا ان الجزء الذي ينطوي فيه التعليل هو : «تنشب حرب كبرى مرة على الأقل كل خمس وعشرين سنة ». اما الواقع فهو «لم تقع أي حرب كبرى خلال السنين العشرين المنصرمة » . فاذا كان الأول بعضاً من مشيئة الله فانه لم يلعب أي دور في التعليل المشار اليه .

وقد يتناولنا النقد لادعائنا بأن غايات البشر غير ذات واقع بالنسبة للعلم. وهنا نجد انفسنا ، لسوء الحظ ، وقد وقعنا في مشكلة لغوية عويصة . فكلمة «غاية» تستعمل ، من جهة، للدلالة على غاية الله او غاية الكون، كما تستعمل ، من جهة اخرى ، للدلالة على غاية الانسان . وقد يكون ثمة ترابط بين الدلالتين ، الا ان المعنى ليس واحداً في الحالتين . وليس ثمة من ينكر ان غاية انسان معين ، من رغبات وآمال ونيّات هي امور ذات واقع كبير بالنسبة للعلم ، الا ان الدور الذي تقوم به لا يستند الى انها تحلّ محلّ قوانين الطبيعة ، بل الى ان غاية الانسان تشكل احدى الحقائق التي يتوجب اخذها بعين الاعتبار عند القيام بالتكهنات العلمية .

ونجد ثمة تعديلاً لطراز التعليل ذي الصبغة الكونية في التعليلات الغائية ،فهنا لا نجد اي ادعاء بان هنالك ارادة أو غاية كونية وراء كل تفصيل لكل حادثة في هذا الكون، بل ادعاء بان الشيء المحدد هو الاتجاه العام الذي ينحو الكون اليه، وان هذا أمر يُستند اليه في تعليل الحادثات.هذا هو طراز التعليل الذي تقوم النظرية العامة فيه ببيان هدف معين تنحو اليه الطبيعة أو جزء معيّن منها. ان هذا النوع من التعليلات مرتبط تاريخياً بمفهوم الغاية دون ان يكون ثمة لزوم منطقي لذلك . ولقد رأينا في الفصل الثالث ان اكثر قوانيننا فائدة تتخذ في الواقع اتجاهاً مزدوجاً ، الامر الذي يمكن من النظر اليها على انها قوانين سببية وغائية . واذا نحن أُعطينا معلومات عن الموقع الحالي لكوكب سيار وعن سرعته فاننا نستطيع لا ان نتنبأ بموقعه في المستقبل فحسب بل يمكن لنا ايضاً ان نستنتج موقعه في الماضي . ويصار الى هذا كله بواسطة قوانين نيوتن ، التي هي عبارة عن معادلات تفاضلية [١] . ومع ذلك فمن العسير ان

---

١ – Differential equations

ندعي بان قوانين نيوتن تنطوي ، بشكل من الاشكال ، على غاية غامضة .

والواقع ان لكثير من القوانين الطبيعية صيغة تصلح للوصف الغائي . انها الصيغة التي تعرض القوانين بما مؤداه ان الطبيعة تتصرف بشكل يؤدي الى رفع كمية ما الى حدها الأعلى او خفضها الى حدها الادنى . فاذا كنا نعلم مسبقاً ان نتيجة حوادث معينة سوف تكون لجهة خفض كمية معينة الى حدها الادنى فانه يمكننا ان نتكهن ، على الاقل ضمن حدود ، بما تكون عليه المراحل التي تفصل بين الحالة الحاضرة لهذه الكمية وبين حدها الادنى . وبهذا يكون لدينا مثال حسن على تعليل غائي . غير انه من العسير علينا ان نوحد بين هذا وبين الغاية الواعية . فالواقع ان التعليلات السببية والغائية متلاحمة بشكل يجعل من الصعب ان نجد مثالاً خالصاً لأي منها . وقد تكون قوانين مندل أقرب ما يمكن لنا بلوغه الى التعليل السببي الخالص ، فهي تمكننا من التنبؤ احصائياً بتركيب الجيل اللاحق في تجربة توالد ، الا انها لا تزودنا بأي معلومات مفيدة حول الجيل السابق . والواقع ان هذا ليس كلي الصحة ، لذلك فانه يكون أدعى للدقة ان يقال بأن قوانين مندل تزودنا بالكثير من المعلومات حول الجيل اللاحق ، الا انها لا تعطي الا معلومات جزئية عن الجيل السابق . وتشكل قضايا الابوة المعروفة في المحاكم امثلة على هذا الامر ، ذلك لأن التكهن بالتركيب الوراثي لطفل ما على اساس تركيب ابويه الوراثي أسهل بكثير من النحو في الاتجاه المعاكس .

ويمكن لنا، كمثال على قانون غائي خالص، ان ننتقي قانون الطاقة الطليقة[1]، الذي ينبئنا بأننا سوف نصل في نهاية المطاف الى حالة من الفوضى العامة ،

---

١ – Entropy

وان الطبيعة تنحو في هذا الاتجـاه . غير ان هذا القانون لا يفيـد شيئاً ، في قليل او كثير ، عن اللحظة القادمة او اللحظة التي مرت لتوها .

واذا صدف ان واجهنا ظاهرة معينة ولم نتمكن ازاءهـا من العثور على القانون المضبوط فانه يمكن لنا ان نستلهم واحداً من اتجاهين ، فاما ان نخمن كيفية تطور هذه الظاهرة بين يوم وآخر دون ان نتمكن من التنبؤ بنتائجهـا في المدى البعيد ، واما ان نخمن النتيجة النهائية دونما تفهم للوقائع اليوميـة المتتالية. وكلا الحالين (اذا كان صحيحاً) يشكل نظرية علمية حسنة تصلح، شرعاً ، للاستعمال في التعليل .

انه يتوجب على العلم ألا يكون ابداً عرضة للتعثر بتحاملات فلسفية حول طراز التعليل الذي يجب عليه اتباعه . ان النظرية الثابتة ، أياً كانت ، هي عون كبير للعلم ولها قيمة ذاتية كامنة بالنسبة للتعليـل . أما الشكل المحـدد الذي تتخذه هذه النظرية فانه يتوقف على ما تتمتع به من حذق وما يفرض علينا من حدود . ولما كانت هذه الاخيرة أكثر من الاولى بكثير ، فانه يجدر بنا ألا نزيد في تضييق الحد على أنفسنا بأن نقيد أيدينا تحكما عندمـا نقوم بوضع النظريات .

١٠ ماهو العلم

ان وضع تعريف للعلم هو احدى السبل الطبيعية للبدء في تأليف كتاب عن فلسفة العلم. الا ان تعريفا كهذا سيكون، لا بد ، سطحياً . اما التعريف الاوفى فيصار اليه بعد توضيح مقدار كبير من الامور الاخرى . وللقارىء ان يتساءل الآن : « هل أشرفنا على هذه المرحلة في هذا الكتاب ؟ » اما نحن فجوابنا لا يختلف عن جواب الملكة على سؤال أليس[1] : « لقد بلغنا المكان الذي نقصده ، بل الواقع اننا مررنا به منذ عشر دقائق ! »

في ما يوحد العلم

امامنا سبيلان لتعريف العلم، فاما ان نعرفه على اساس موضوعه واما ان نعرفه على اساس منهجه . ان غاية العلم هي دراسة المجال الكامل للمعرفة الواقعية، لذلك فليس له موضوع يختص به دون سواه ، الا اننا لا نصنف كل دراسة للحقائق على انها علم ، فنحن نرفض ، على سبيل المثال ، ان نقبل التنجيم في مصاف العلوم . ان التنجيم يقوم على دراسة الحقائق ، فهو يراقب

١ – بطلة رواية « أليس في بلاد العجائب » لمؤلفها لويس كارول . – المترجم

مواقع النجوم ومختلف حوادث الحياة ثم يحاول الربط بين هذه وتلك . غير ان السبب الذي يجعلنا نرفضه كعلم لا يمت بصلة الى الموضوع الذي يتعاطاه بل لأننا نعتبر المناهج التي يلجأ اليها المنجمون بعيـدة عن العلم . ان العـلم ، حين يرفض تقبل فرع من المعرفة الواقعية المفترضة ، فانما يفعـل ذلك دائماً بسبب منهج ذلك الفرع .

لننظر الآن في الناحية الاخرى من هذا القول ، فنسأل انفسنا : « هـل يشكل كل تطبيق للمنهج العلمي دعماً لقضية العلم ؟ » الجواب المنتظر هو انـه يمكن شرعاً اعتبار كل حالة من هذا النوع على انهـا علم ، مع الاعتراف بأن هذا القول قد يكون مثار خلاف احياناً. ذلك لأن هنالك طرازين من تطبيق المنهج العلمي يعتبرهما أكثر العلماء خارج العلم : التطبيقات في الحياة اليوميـة والتطبيقات من قبل « غير العلماء » امثال الاخصائيين في دراسة الإجرام . ان للعـادة تأثيرها ههنا ، اذ تعتبر هـذين التطبيقين « غير لائقين » للتصنيف مع العلوم. وقد يكون من الاجدى وضع تعريف للعلم بحيث يقتصر على التطبيقات المهمة للمنهج العلمي، الا انه ليس ثمة وسيلة ناجعة لتحديد ماهية التطبيق المهم. لذلك ارى من الافضل ان نعتمد تعريف العلم بمعناه الواسع ونسمي تطبيقاتـه في الحياة اليومية علماً ولكن على مستوى أولي .

وما من احد يستطيع اقامة الدليل على ما يشكل الطريقة الصحيحـة لتعريف «العلم» ، غير انه يمكن لنا ان نناقش في اي الطرق هي أكثر فائدة. ولما كان هنالك اختلاف حول استعمال هذه الكلمة فانه لا يمكن لتعريفنا ان يتوافق مع جميع وجوه استعمالها . غير انه يمكن لنا ان نستلهم عدة مبادىء توجيهية : (١) عندما يكون هنالك اجماع حول مجال ما وهـل يعتبر علماً ، فان على تعريفنا ان يطابق الرأي المقبول . (٢) اما في الحالات التي نجد فيها

اختلافاً ملحوظاً فان على تعريفنا ان يفض الخلاف . (٣) وعلى طريقتنا ، في مجموعة الطرق العديدة لفض الخلافات ، ان تكون الطريقة التي تؤدي بنا الى مفهوم نافع. (٤) ان على تعريفنا ان يأتي كأبسط ما يمكن له ان يكون. هذه هي الشروط الاربعة لتعليل مفهوم حدسي مبهم[1] (راجع الفصل السادس) واني لأشعر بأن تعريف العلم على اساس منهجه هو التعريف الوحيد الذي تنطبق هذه الشروط عليه .

ولا شك في ان تعريف العلم على اساس منهجه أمر يطابق العادات المألوفة في كل حالة لا يكون فيها خلاف . كذلك فانه تعريف بسيط يمكن له فض الحالات المختلف فيها استناداً الى مبدأ هام (اي الى مطابقة الوسائل المتبعة لقواعد المنهج العلمي) ، الامر الذي يؤدي ، بالتالي ، الى مفهوم من مفاهيم العلم المجدية . ولهذا السبب فسأستعمل كلمة « علم » للدلالة على مجمل المعرفة التي يصار الى جمعها بواسطة المنهج العلمي .

ان المنافس الاهم للتعريف الوارد ههنا هو تعريف على اساس الاستعمال الشائع لهذه الكلمة . ويلزم لنا ، من اجل هذا ، استطلاع الخبراء ليقولوا لنا كيف يستعمل كل منهم كلمة « العلم » . ولسوف يتعرض تعريف كهذا لجميع تحاملات العلماء العاملين ويكون على قدر من الغموض يكفي للذهاب بجدواه الاساسية . وانه لمبدأ سليم في مجال التعليل ان يضل المرء في توخي البساطة بدلاً من ان يضل في اعتماد الاستعمال الشائع . لذلك أجدني سأرفض التعريف على اساس الاستعمال الشائع لهذه الكلمة لاعتمد التعريف على اساس المنهج العلمي .

---

١ — Vague intuitive concept

ولهذا التعريف مظهر يدل على انه يدور في حلقة مفرغة . أفلا يستخدم تعريف « العلم » عبارة « المنهج العلمي » ؟ انه في الواقع يفعل ذلك ولكن دون ان يؤدي ذلك الى حلقة مفرغة ، نظراً لأن تعريف المنهج لم يشتمل على كلمة « علم » . والوسيلة هذه جد شائعة ، فنقول ، على سبيل المثال ، اننا قد نعرّف « الرياضيات » بأنها دراسة القوانين الرياضية ، ثم نتقدم بعد ذلك بتعريف مستقل لماهية قانون كهذا . او اننا نعرف « السعادة » بأنها الشعور الذي ينتاب شخصاً سعيداً. لقد قمنا بتعريف المنهج العلمي بواسطة دورة مؤلفة من استقراء واستنتاج وتحقيق وسعي دائم لتحسين نظريات معتمدة بشكل مبدئي ريثما يصار الى التثبت من صحتها . اننا لم نلجأ قط لكلمة « علم » في هذا التعريف ، لذلك يمكن لنا ان نستعمله ، بدوره ، في تعريف العلم .

وللتثبت من هذا التعريف فقد يتراءى لنا ان نتساءل أهذا المنهج مستعمل في جميع فروع العلم . ولعل خير وسيلة لذلك هي ان نضرب امثلة مأخوذة من مختلف هذه الفروع . ان المثال الذي بحثناه مطولاً في الفصل الخامس (اكتشاف نبتون) كان مأخوذاً من الفيزياء. وسوف نختار ، في مجال الكيمياء، نظرية الفلوجيستون . لقد كان الاعتقاد سائداً في الماضي ان الاحتراق عبارة عن اطلاق مادة تدعى الفلوجيستون . فاذا كانت النظرية هذه صحيحة فانه يتوجب ان ينخفض وزن الشيء الذي احترق . وعندما أثبت لافوازييه ان العكس هو الصحيح ، طرحت النظرية القديمة جانباً وتشكلت مكانها نظرية جديدة لتعليل الحقائق (نظرية تقول بان مادة تضاف الى الشيء المحترق) . ولقد ترتبت على هذه النظرية عدة استنتاجات جرى التثبت منها ، فالحجم المحصور من الهواء يحتوي على كمية محددة من هذه المادة (الاوكسجين)، وعندما تستهلك هذه كلها لا يمكن لشيء ان يحترق ضمن ذلك الحجم المحصور الا بعد

ان يدخل اليه مزيد من الهواء . ويمكن التثبت من هذا بسهولة اذا نحن وضعنا شمعة تحت زجاجة مقلوبة ورأينا كيف تنطفىء قبل ان تحترق كلياً . ان هذا الاختبار يتمم دورة واحدة من دورات المنهج العلمي .

لنأخذ الآن مثلاً من البيولوجيـــا : اكتشاف قوانين مندل في الوراثة . لقد راقب منــدل ، على مر السنين ، فصيلة من النبات كان يرعاها في حديقته الصغيرة ، فشكل من ملاحظاتـــه تعميمات بخصوص نسب ظهور الخصائص المختلفة في مختلف الاجيال بالاستناد الى ظهور تلك الخصائص في الأجيال التي سبقتها . ونستطيع اليوم ، على اساس هذه القوانين ، ان نقوم بتكهنـــات جامعة حول نتائج اختبارات التوالد ، وهي نتائج جرى التثبت منهـا مرة تلو المرة وأدت الى ارباح وفيرة بالنسبة للمزارعين في العالم اجمع .

اما في ميدان السيكولوجيـا فاننا نجد أنفسنا امام مشكـلة اصعب حين نفتش عن مثل جيد للمنهج العلمي . الا ان التطورات الأخيرة في نظرية التعلم يمكن لها ان تزودنا بالامثلة التي نريد . فلقد قام العالمان ر . ر . بوش وف . موستللر من جهة ، والعالم و. ك . استيس من جهــة اخرى ، بوضع نظريتين تسترعيان الاهتمام. وتبدأ هاتان النظريتان بالمعلومات المجمعة من تجارب بسيطة يحاول الذي يقوم بها ان يعلـّم فأراً أو سمكة أو انساناً ما كيف يؤدي عملاً معيناً . وتزودنا هاتان النظريتان بنماذج متناوبة (ومتقاربة) للكيفيـــة التي يتعلم بها موضوع التجربة كيف يقوم بتأدية هذه الأعمال ، كما يمكن التوصل، على اساسها ، الى تكهنات حول نتيجة هذه التجـارب ، قد تتعلق بمتوسط الزمن الذي يستغرقـه موضوع التجربـة في التعلم ، أو بعدد الاخطــاء التي سيرتكبها قبل ان يتعلم كيف يؤدي العمل كاملاً ، أو بقدرته على تأدية ذلك

العمل اطلاقاً . ويتبين ، في الحالات البسيطة ، ان هذه التكهنات تطابق نتائج التجارب الى حد بعيد .

وقد زودتنا السينا بمثال حسن في مجال العلوم الاجتماعية. فالسجل السينمائي لبعثة كون – تيكي شهادة بارعة على مستقبل المنهج العلمي في هذا المجال . اما القصة فهي ان جماعة من علماء الاجتماع رأوا في بعض أوجه الشبه بين العادات القديمة عند سكان جزر البحر الجنوبي وسكان امريكا الجنوبية ما جعلهم يتقدمون بنظرية مفادها ان سكان هذه الجزر قد نزحوا اليها من امريكا الجنوبية وليس من الشواطىء الاسيوية القريبة منهم. وقد غدت هذه النظرية موضوع خلاف لانه بدا مستحيلاً ان يتمكن شعب بدائي ان يقوم، منذ ألف سنة ، برحلة كهذه تتطلب عدة شهور من الملاحة في المحيط الواسع . ولقد استنتج هؤلاء العلماء من نظرياتهم ان طراز المركب البدائي المستعمل (وهو عبارة عن عوامة أو طوف اخشابه مشدودة بعضها الى بعض شداً متخلخلا ولا يشمل اداة توجيه وليس فيه الا مكان محدود لخزن الطعام) يجب ان يكون قادراً على القيام بتلك الرحلة . فعرضوا حياتهم للخطر لاثبات صحة هذه النظرية بأن قاموا بالفعل بصنع طوف بدائي وابحروا على متنه . ولقد تكشفت لهم امور كثيرة لم تكن معروفة من قبل ، فوجدوا كميات كبيرة من السمك الصالح للاكل في مجاهل تلك المياه . كما تبين لهم ان ارتخاء وصل الاخشاب في الطوف يمنع طغيان ماء البحر . اما بالنسبة لتوجيه الطوف فقد وجدوا ذلك مستحيلاً ، غير ان التيارات المنتشرة دفعتهم مباشرة الى المكان الذي يقصدونه . فوصلوا الى تلك الجزر بعد مئة يوم ونيف فتلقاهم السكان بالترحاب ورووا لهم الاسطورة القديمة التي تسرد كيف حمل الاله العظيم كون – تيكي اسلافهم الى تلك الجزر في مراكب تشبه الطوف الذي جاءوا

على متنه . وبهذه الطريقة توصل هؤلاء العلماء لاثبـــات نظريتهم (التي كانت عرضة للاستنكار العام) وخطوا فصلاً رائعاً في تاريخ تطبيق المنهج العلمي .

في ما يُفرّقُ العلم

رأينا ان العلم موحد لا عن طريق موضوعه بل بواسطـة منهجه وسنرى الآن ان موضوع العلم هو الذي يقسم العلم الى فروع مختلفة .

وانه من العسير جداً ان نعلل الاسباب التي تجعلنـا نقسم العلوم بالشكل الذي نتبعه ، خصوصاً وانه ليس ثمة سبب وجيه حقاً . ولنحـاول ان نقابل فروع العلم مع الالوان المختلفة. فهنالك خمسة ألوان اساسية ، الاحمر والاصفر والاخضر والازرق والبنفسجي ، وقد يذهب بعضهم الى القول بانهـا ستة او سبعة ، وذلك باضافة اللون البرتقالي أو النيلي أو كليهما . لكن هذا لا يفسر الالوان المركبة التي لم يتناولهـا التصنيف ، كاللون الوردي أو البني ، او حتى اللون الأبيض الذي يتركب من مزيج من جميع الالوان الاخرى . ونجد ، حتى في الالوان الاساسية ، ان هنالك صعوبة في تصنيف تفاوتات كل منهـا من داكن الى مشرق . فاذا نحن اخـترنا لوناً يضرب الى الزرقـــة المخضرّة فلسوف نتجادل طويلاً في هـــل هذا اللون ازرق أو اخضر . اما تفاوتات الالوان الزرقاء والنيلية والبنفسجية فهو اصعب من ذلك بكثير .

ولسوف نتجادل كثيراً ، على هذا الغرار ، في ماهيـة الفروع الاساسية للعلم . فالجميع يقرون بأن العلم يشتمل على الفيزياء والكيمياء والبيولوجيـــا والسيكولوجيا والعلوم الاجتماعية . غير ان هنالك من يود اضافة علم الفلك . وتقسيم العلوم الاجتماعية الى الاقتصاد والاجتماع والسياسة ، الامر الذي يؤدي

بنا الى العلوم المركبة كعلم البيوفيزياء او التاريخ (الى الحد الذي يمكن للتاريخ ان يكون علمياً) . كذلك فسنجد انفسنا امام حالات متأرجحة، اذ يصعب، على سبيل المثال ، ان نجزم هـــل الفيروسات[1] من الكائنات الحية (اي تعود الى علم البيولوجيا) او انها جزيئات لا حياة فيها (اي انهـا ، بالتالي ، من اختصاص الكيمياء) .

نحن نعلم ان هنـالك ، بالنسبة للالوان ، سلماً متصلاً ، الامر الذي يعلل السبب في عدم وجود تقسيم طبيعي لها الى خمسة الوانٍ جلية، او سبعة ، او اي عدد آخر منها . كما يمكن لنا ، بالاضافة الى ذلك ، ان نحصل على عـدد لا نهاية له من مختلف التفاوتات اللونية الثانوية بمزج التفاوتات الاوليـة . نحن نعلم ان ما يميز كلاً منها عن غيرها هو الفرق بين طول الموجـات ، لذلك يبدو معقولاً ان يقـال عن لون نقي معين انـه أقرب من غيره الى لون معين آخر . اما تقسيم الموجات الى ألوان فأمر اتفاقي جـداً . وليس لدينـا صورة كاملة بهذا الشكل لتركيب العلم لأن معرفتنا بالنظريات ما زالت ناقصة . ان العلماء يقومون بدراسة ظاهرات تبدو متقاربة فيحاولون الربط بينهـا عن طريق النظريات، فيخفقون احياناً وينجحون احياناً اخرى، فيتشكل لدينا، في الحالة الثانية ، فرع من فروع العلم . غير ان هذه العملية يعتورها قـدر كبير من الاتفاقية . ونحن نعلم ان الظاهرات مرتبطة جميعاً بقانون الطبيعة، اما القوانين التي نبحث عنها فهي القوانين الجزئية التي يغلب ان نجدها حيث نتحرى وجودهـا . ان العـالم الفلكي كبلر[2] ما كان ليجد اي علاقـة اطلاقاً بين سقوط تفاحة الى الارض وحركة المريخ لانه لم يبحث قط عن علاقة كهذه،

---

١ – Virus

٢ – Kepler

فكان من نصيب نيوتن ان يربط علم الفلك بالفيزياء . امـــا قدماء الاغريق فكانوا يرون ان ثمة حداً فاصلاً بين الاثنين ، ففي السماء كان « القـانون » هو الحركة الدائرية ، امـا على الارض فالاشياء تتحرك في خط مستقيم . وبازدياد معرفتنا بالاشياء ازداد تداخل علم الفلك بالفيزياء . ولا تزال تطالعنا الى اليوم ظاهرات فلكية بحاجة الى تعليل ، لذلك فلا يزال ثمة عذر لاعتبار علم الفلك مستقلا بذاته .

ونجد ان الحوادث العارضة تؤثر في القرارات التي نتخذها كلما كان مجال الخيار واسعاً حراً . لذلك فوجود دائرة خاصة لعلم الفلك في جامعـة ما امر قد يعتمد على خريج موسر مولع بالتنجيم ، لكنـه لا يستطيع منح المـــال لكرمي جامعي في كشف البخت، فاذا هو يترك بضعة ملايين من الدولارات لتمويل دائرة خاصـة بعلم الفلك . كذلـك فقد يكون مرد الامر الى طموح استاذ الفلك في ان يصبح رئيساً لقسم الفيزياء كله ، مما يؤدي الى دمج هـذا وذاك . وأعرف شخصياً حالة غريبة حيث أُلحق علم الفلـــك بدائرة العلوم الرياضية .

ونجد عوامل مماثلة عند ترتيب تفاوتات الألوان. فاذا افترضنا اننا مولعون باللون الازرق لكننا لا نطيق اللون الاخضر على العموم، ورأينا لوناً اخضر– ازرق فانه من المرجح ان نصنفه كأزرق أو كأخضر. وذلك بحسب ارتياحنا لذلك اللون أو عدم ارتياحنا اليه . وقد يكون للعوامل التاريخية تأثيرهـــا الملحوظ في هذا الصدد ايضاً . فاذا كان الانسان يعمـل على دراسة طرازين مختلفين من الظاهرات ، كان في الوسع ان يصنفا ، كلاهما، في مجال علم واحد. وقد تكون دراسة نيوتن للميكانيكا والضوء سببـاً في انهما قد صنفا في مجـال

الفيزياء بينما قد يكون عزوفه عن دراسة المركبات الكيميائية قد تسبب في ان الكيمياء غدت ذات وضع مستقل .

ويمكن لنا تلخيص هذا البحث بقولنا ان العلم قد قسم الى فروع مختلفة بشكل اتفاقي . فاذا صادف ان ترابطت عدة ظاهرات بواسطة قوانين معروفة، أو استطاع عالم ما ان يجتذب اهتماماً كافياً لدراسة هذه الظاهرات، او استوقفت دراستها الاهتمام لأسباب عارضة مختلفة ، تجمعت هذه الزمرة من الظاهرات لتشكل فرعاً من فروع العلم . ان التشديد على هذه التقسيمات الاتفاقية أمر على غاية من الخطورة .

في الاسباب الداعية لتقسيم العلم

هنالك مدرستان فكريتان يمكن بحسبهما ان نقسم العلم الى فروع . فالمدرسة الاولى تؤمن ان العلم الموحد سوف يغدو ممكناً في النهاية ولها آراء محددة حول الكيفية التي سيتم بها ذلك . وتقسم هذه المدرسة العلم الى فيزياء وكيمياء وبيولوجيا وسيكولوجيا وعلوم اجتماعية . ويسود الشعور في هذه المدرسة ان تقدم العلم سوف يؤدي بالعلوم «العليا» لأن تغدو فروعاً من العلوم « الدنيا » ، ثم الى انتهاء جميع العلوم الى الفيزياء . فالعلوم الاجتماعية تغدو فرعاً من السيكولوجيا لانها تفسر تصرفات الجماعة على اساس سيكولوجية افرادها ، وتغدو السيكولوجيا بدورها فرعاً من البيولوجيا حين يفسر عمل العقل عن طريق وظائف الجسم البشري ثم نجد ان الجسم البشري نفسه يعتبر مؤلفاً من مركبات كيميائية معينة تنطبق عليها مختلف قوانين الكيمياء ، وتتحول الكيمياء اخيراً الى فرع من الفيزياء من خلال عمليات قطعت الى الآن

مرحلة ملحوظة نحو التام . وبهذه الطريقة يتوحد العلم كله على شكـل فيزياء موسعة كبرى .

ومما يشار اليه في هذا الصدد ان تصرف المجموعـة الكلية يفسر ، في كل حالة ، عن طريق تصرف اجزائهـا ، ويعتبر الامر ذا مغزى بالنسبة لهـذه المدرسة الفكرية ، التي ترى اعتبار الجماعات البشرية وحدات كاملة تتألف من افراد يتألفون بدورهم من خلايا هي نفسها عبارة عن مركبات كيميائية مؤلفة من ذرات. وهنالك سوابق عدة نجد العلم يفسر فيها تصرف المجموعات الكلية على اساس تصرف اجزائها . ويشار ، بالاضافة الى هذا ، ان العلوم « الدنيا » أوسع تطبيقاً من العلوم « العليا » . فنظريات الفيزياء ، مثلاً ، تطبق بشكـل شامل وتستخدمها جميع العلوم . فقانون التجاذب ينطبق على حجر مثلمـا ينطبق على هر اذا ألقي بهذا او بذاك من النافذة . اما قوانين مندل فان تطبيقها مقتصر على الهر دون ان يتعداه الى الحجر. وعليه فان الترتيب الوارد اعلاه يتجه من النظريات العامة الى النظريات ذات الطابع الاختصاصي .

لدينا اذن ثلاثة اسباب لتقسيم العلم وترتيب فروعه بالشكل الذي أوردناه. فهنالك ، اولاً ، ما نتوقعه من دمج الفروع المتأخرة بالفروع التي تسبقها. اما السبب الثاني فهو ان الفروع المتأخرة تبحث في مجموعات كلية سبق للفروع من قبلها ان بحثت في اجزائها (اي اجزاء الوحدات) . وهنالك ، اخيراً ، ما نجده من ازدياد التخصص كلما أوغلنا في ترتيب هذه الفروع .

وتجدر الاشارة ههنا الى ان الاسباب هذه قد أوردت على قـدر كبير من التبسيط، مع ان هذا الضرب من التقسيم معقول لا شك بالنسبة لكثير من الغايات. فنجد ، على سبيل المثال ، ان الطريقة التي يستخدم فيها قانون التجاذب في

حقل البيولوجيا تختلف كلياً عن الطريقة التي تستخدم فيها السيكولوجيا في مجال العلوم الاجتماعية . فقانون التجاذب ينطبق على وحدة بيولوجية كاملة كما ينطبق على اي من اجزائها. اما قوانين السيكولوجيا فلا تنطبق الا على الافراد الذين يشكلون وحدة اجتماعية ، دون ان يمكن تطبيقها بتاتاً على الوحـــدة بكاملها الا اذا قررنا استعمال لفظة « سيكولوجيا » في معنيين مختلفين. كذلك فليس ثمة سبب وجيه يمنع العلوم الدنيا من استعمال نظريات من العلوم العليا . فبينما تلجأ نظرية النشوء والارتقاء الى الجيولوجيا (التي يمكن اعتبارها مزيجاً من الفيزياء والكيمياء) نجد الجيولوجيا قد استفادت بدورها من نتائج نظرية النشوء والارتقاء. فتحديد الصخور بالاستناد الى ما تحويه هذه من متحجرات، يشكل وسيلة من اكثر الوسائل فائدة في الجيولوجيا . والترتيب الذي نجـد عليه هذه المتحجرات ترتيب واضح جداً طالما اننا لا نتناول امثلة كثيرة منها لا تتوافق مع هذا الترتيب. كذلك الامر اذا نحن تساءلنا هل الفيزياء الذرية فرع مستقل من الفيزياء او حاولنا (والامر صعب جداً) ان نعين مكاناً لعلم الفلك في الترتيب الذي أوردناه. وحتى المبدأ الاساسي القائل بانتهاء الوحدات الى اجزائها ، ينبغي اعتباره قولاً بالغ التبسيط. ولنا ان نتساءل بهذا الصدد، عن المعنى الكامن في اختزال مفاهيم الاقتصاد بغية دراسة اجزائها ، او كيف يمكن لاختزال اي من مفاهيم العلوم العليا الى نظرية عامة (كنظرية النسبية) ان يوافق ترتيبنا الاصلي .

ومن المستغرب ان تكون هنالك مدرسة فكرية ثانيـة تقول بتقسيم العلم لانها لا تؤمن بامكان الاختزال هذا . فدعـــاة النظرية الحيوية[1] يميزون بين البيولوجيـا والعلوم الدنيا لاعتقادهم بوجود حد جلي يفصـل بينهما ، ولسوف

---

١ — Vitalists

نبحث هذا الأمر في الفصل الثاني عشر. كذلك فالفلاسفة الازدواجيون[1] يصرون على الفصل بين السيكولوجيا والبيولوجيا كما سنرى في الفصل الثالث عشر .

ولست اود الاشتراك في هذه الخلافات في الوقت الحاضر ، لذلك ارى ان نكتفي بالاقرار ان تقسيماً بسيطاً للعلم الى فروع أمر مفيد جداً في نواح كثيرة ، غير اننا لم نجد سبباً يجعلنا نحبو هذا التقسيم باي مغزى عميق . لذلك نختتم بقولنا ان العلم ميدان فسيح للبحث الانساني يوحده منهج مشترك، وان تقسيماته تستهدف تسهيل التعبير عن النتائج ولا تشكل مظهراً اساسياً من مظاهر العلم .

---

١ - dualistic philosophers —والفلسفة الازدواجية هي القائلة بان هنالك مبدأين اساسيين فقط ، هما العقل والمادة او، بالنسبة للاهوت، الخير والشر. — المترجم

القسم الثالث

في المسائل التي يطرحها العلم

١١ الحتمية

شعوري الخاص نحو مشكلة الحتمية[١] هو انها تبدو اكثر قضية كاذبة تناولها الجدل وألبستها الكلمات الطنانة حلة من الأهمية .

الحتمية الميتافيزيقية

المشكلة هنا هي: هل المستقبل محتوم او لا. واني لاعترف ههنا بانني لست افقه ما يعنيه هذا القول . وكلما توسعت في دراسة مختلف البحوث المنشورة عن هذا الموضوع اجدني اقل ادراكاً لما يمكن لمستقبل غير محتوم ان يكونه. ان ما يمكن اقراره ، من جهة ، هو ان المستقبل سوف يتأتى بصورة معينة، ومن جهة اخرى ، انه لم يحدث بعد . وفيما عدا ذلك فليس ثمة كثير يمكن اضافته .

يعرّف «قاموس الفلسفة»[٢] مذهب الحتمية بقوله ان «كل حقيقة من حقائق

---

١ – Determinism – اي العقيدة بأن الحوادث كلها ناتجة عن مسببات حتمت وقوعها . – المترجم.

٢ – The Dictionary of Philosophy

الكون موجهة كلياً بحسب قانون» . ان هذا التعريف مثل نموذجي على طراز البلبلة اللازم لخداعنا نحو التفكير بان هنالك مشكـلة ما . علينا ان نؤمن بان القوانين «تـُوجّه» الحوادث أو انها تحدد كيفية وقوعهـا . اما اذا قلنا بان القوانين تقتصر على وصف الحقائق فقط فانه يغدو واضحاً بان قانون الطبيعة يصف الحقائق جميعها – وان الكون ، بالتالي ، يغدو محدداً بهـذا المعنى . كذلـك يغدو من الواضح ان هـذا القول ينطبق على جميـع الاكوان التي قد تخطر في مخيلتنا .

وثمة صياغة اخرى تتخذ شكل السؤال : هـل لكل حادث سبب ؟ الا اننا رأينا في السابق ان لنا مطلق الخيار في ان نضع القوانين في صيغة سببية. والقوانين السببية كبيرة الفائدة لانها تؤدي الى تقسيم الجهود وتوازعها–فنحاول لذلك ان نصوغ قانوناً يستند على الحاضر للتكهن بالمستقبل . وكلما جمعنـا معلومات عن الحاضر تمكنا من التكهن بالمستقبل بشكل افضـل . والبحث في الحتمية متشابك مع البحث في امكان العثور على قوانين كهذه وكذلك في امكان العثور على جميـع الوقائع التي ستستند اليها هذه القوانين .

انني ابعد ما اكون عن انكار اهميـة الدرجة التي يمكن لنا نحن البشر بلوغها في معرفـة المستقبـل . اما ان نستطيـع او لا نستطيع نحن البشر ، مبدئياً ، ان نتكهن بالمستقبل ، فامر مرده الى حدود طاقاتنـا لا الى طبيعة الكون . لذلك فالقول باننا لن نتمكن اطلاقاً من التكهن الكامل بالمستقبـل لان «الكون غير محدد» هو قول متهافت .

لنختتم اذن فنصرح ان كل ما يتعلق بهذا القول الذي يتراءى بأنه مشكلة قد سبق ذكره في الفصل الثالث ، ولننتقل لبحث مسألة اعظم شأناً .

لنسأل انفسنا، قبل ان تلتبس علينا الامور حول امكان التكهن بالمستقبل، من هو الذي سيقوم بهذه التكهنات ، أهو كيان توفر فيه ذكاء فوق مستوى البشر وتسنت له معرفة غير محدودة بقانون الطبيعة، ام كائن بشري مثالي، ام شخص عادي ؟

نجد ، في احد الطرفين ، ان ذكاء فوق مستوى البشر يستطيع ان يقرأ المستقبل من نظرة يلقيها على قانون الطبيعة، وهذا لا يدعو للدهشة طالما ان القانون هذا عرض للماضي والحاضر والمستقبل . اما في الطرف الآخر فانه من البديهي اننا لا نستطيع بقوانيننا الحالية ان نتكهن بالمستقبل بأي قدر من الدقة. لذلك يتبين ان كل سؤال يثير الاهتمام، يقع وجوباً بين هذين الطرفين.

ويمكننا ان نتبيّن عوامل اربعة تؤثر في المشكلة :

١ — القوانين المتوافرة . ٢ — الحقائق المتوافرة . ٣ — القوى العاقلة المتوافرة . ٤ — الوقت المتوافر. فاما العامل الاول فقد رأينا انه يجب علينا ان نقبل بما هو دون قانون الطبيعة نفسه ويجوز لنا في هذا العدد الافتراض بأن القانون المتوافر مترتب على قانون الطبيعة — اي انه وصف لجزء من تاريخ الكون — او انه متقارب جداً من وصف جزئي كهذا . وبدلاً من اعتبار القانون المتوافر وصفاً كاملاً لجزء من تاريخ الكون فانه يكون اكثر واقعية اذا اعتبر قانوناً سببياً ينطبق على انواع معينة من الظاهرات ويمكن له بالترادف مع وقائع الحاضر ، ان يتكهن بوقوع هذه الظاهرات نفسها في المستقبل . والمشكلة في هذه القوانين تنحصر في تحديد المجال الذي يمكن لها ان تشمله . وهنالك مدرسة تؤكد بأنه سوف تكتشف قوانين كهذه بجميع نماذج الظاهرات

اما اكثر المواقف تحفظاً فهو ان هذا الهدف لن يحقق ابداً ، الا اننا سنستمر في توسيع المجال الذي يمكن لقوانين كهذه ان تطبق عليه .

ونجد ، في الناحية المقابلة، آراء مختلفة تؤكد ان هنالك بعض مجالات لن تتمكن القوانين البشرية من الاحاطة بها ، وسنبحث في بعض منها في الفصول اللاحقة . وهنا ايضاً يمكن القول بأن هذه القوانين السببية هي دائماً صحيحة بشكل تقريبي فقط وان علينا، بالاضافة الى توسيع مجال انطباقها، ان نحاول جعلها تقارب الحقيقة بشكل متزايد. ومن الآراء الشائعة الآن ، خصوصاً بعد النجاح الذي احرزته ميكانيكا الكَمّ[1]، ان قوانيننا المتناهية دقةً لا يمكن ان تكون سببية ، بل يتوجب ان تكون احصائية . (والتمييز الاخير هذا ليس اساسياً ، من الناحية العملية ، بالقدر الذي قد يبدو عليه، ذلك لانه قد سبق ان لاحظنا بأن اخطاء المشاهدة لا تسمح لنا الا باطلاق تكهنات احصائية مهما كانت القوانين التي تستند اليها) . والخلافات بين هذه الآراء مفيدة كما انها تؤثر بشكل ملحوظ في ما نعتقده حول امكان التكهن بالمستقبل .

ولنبحث الآن في امر الحقائق المتوافرة، فنجد انه حتى لو استطاع عالمان الاتفاق على ما يمكن لنا ان نتوقعه من نظرياتنا — فانهما سيختلفان — حول الامكانية العملية للتكهن بالمستقبل ، وذلك نظراً لآراء متباينة حول امكان العثور على الحقائق اللازمة لتطبيق النظرية . فقوانين نيوتن كانت تنبئنا تماماً بمستقبل النظام الشمسي شرط ان نعرف بالضبط مواقع الكواكب بالنسبة للشمس في لحظة معينة. اما الاخطاء في التكهنات فقد يكون مردها من جهة، الى عدم الدقة في القانون (وهذا ما تبين في انحراف مدار عطارد) كما قد

---

١ — Quantum Mechanics

يُرَدّ ، من جهة اخرى ، الى خطأ بسيط في تحديد مواقع الكواكب ، الامر الذي يمكن تخفيفه دون ازالته كلياً. ويتسع نطاق هذه الاخطاء بمرور الزمن، ومن هنا كانت التكهنات حول المستقبل القريب موثوقاً بها اكثر من التكهنات البعيدة المدى . فمن المعروف لدى الذين يقومون بعمليات حسابية كثيرة ان التصحيح الاعتباري للاخطاء قد يؤدي الى اخطاء كبيرة عندما يتعلق الامر بحسابات متعددة العمليات . كذلك فان الخطأ الضئيل في عملية واحدة قد يتضخم باستعمال نتيجتها مرة بعد مرة . وعليه فان اعتبار خطأ بسيط في المشاهدة يشابه اعتبار خطأ حسابي في عملية التكهن ، وكلما استعملنا النتيجة زاد احتمال الخطأ . وقد يكون في تعاطي العقاقير تشبيهاً حسناً لهذه الحال ، فاذا عمد الصيدلي الى تقوية الجرعة ولو بمقدار ضئيل فقد لا يكون لذلك اي اثر يذكر في بداية الامر غير انه قد يؤدي في النهاية الى وفاة المريض بدلاً من شفائه .

ويعتري المشكلة مزيدٌ من التعقيد بسبب مبدأ التباس اليقين[1] فعندما نصل الى الظاهرات الذرية وما دون الذرية نجد ان وسائلنا في المشاهدة والقياس بدائية لدرجة لا نستطيع معها ان نتفادى الاضطراب في النظام الذي نقوم بمشاهدته . اننا حين نحاول قياس طول طاولة ما ، نضع قضيب القياس فوقها ، ونكون بهذا العمل قد دفعنا بالطاولة الى اسفل، غير ان مقدار الدفع هذا ضئيل جداً لدرجة انه يمكن التغاضي عنه . ويمكن ، اذا شئنا ، ان نستعيض عن لمس الطاولة بقياس طولها بواسطة المرقب الهندسي، وهذا بالطبع يتطلب انعكاس بعض الضوء من على سطح الطاولة. ولشعاع الضوء نفسه قوة

---

١ — Uncertainty Principle

دافعة الا انها ضئيلة هي الاخرى بحيث يمكن اسقاطها من الاعتبار . غير ان الامر يختلف عندما نقيس الجسيمات الدقيقة ، اذ نغدو عندئذ وكأننا فيلة نحاول قياس زهرة من بنفسج . وينبئنا مبدأ التباس اليقين ان هنالك حداً مطلقاً للدقة التي يمكن لنا بلوغها ، وهذا يبين ان ثمة حدوداً صارمة لدقة تكهناتنا، خصوصاً ما كان منها بعيد المدى، وسواء أكانت قوانيننا احصائية ام سببية .

والعامل الثالث ، أي حدود قدرتنا على التحليل ، عامل لا يرد ذكره بنفس التواتر ، غير ان هنالك امثلة مشهورة على هذه الصعوبة . فاستخلاص التكهنات من نظرية معينة غالباً ما يتطلب معالجة رياضية طويلة وعويصة. واذا نحن استندنا الى قوانين نيوتن فانه من السهل ان نبين كيف يتحرك جسمان واحدهما بالنسبة للآخر وكيف يجذب واحدهما الآخر . ولكن عندما نطرح السؤال نفسه حول ثلاثة أجسام نرى ان الجواب عليه لم يتوضح بعد بشكله العام الكامل ، اذ كل ما لدينا ضروب مختلفة من التقاربات في الحالات الخاصة دون ان يكون لدينا حل عام للمشكلة . وفي حال النظام الشمسي فان حركة كوكبين حول الشمس تجد حلها في افتراضنا بان تجاذب الكوكبين يكاد يكون معدوماً اذا قورن بقوة جذب الشمس ، فنباشر حساب قوة جذب الشمس ومدارات الكواكب السيارة الناتجة عن ذلك ، ثم نصحح النتيجة لنأخذ بعين الاعتبار تجاذب الكوكبين المتبادل. ان هذه الطريقة تؤدي، بالضرورة، الى حيود جديدة عن الدقة يزداد تضخمها كثيراً لدى الاخذ بعين الاعتبار عشرات المليارات من الأجرام السماوية أو مئات المليارات .

واعقد الأمثلة على هذه الصعوبة في الحساب تجده في اعمال أينشتين الاخيرة.

فلقد سبق ان اوردنا ان نظريته في المجال الموحد[1] المنشورة سنة ١٩٥٠ نظرية يستحيل التثبت منها في الوقت الحاضر لان المشكلات الحسابيـة التي ينبغي حلها ، تفوق مقدرتنا الحالية . لذلـك يتوجب على العلم ان ينتظر حتى يتمّ تقدم كبير في ميدان الرياضيات قبـل ان يمكن استخـلاص أي تكهن من هذه النظرية .

أما العامل الاخير من العوامل الاربعة ، أي عامل الزمن ، فانـه لا يؤثر في امكانيـة التكهن من حيث المبدأ . الا ان له تأثيراً في الناحيـة العملية من المشكلة . فمن الممتع حقاً ان نعلم ان نظرياتنا الحالية تمكننـا من التكهن بحالة الطقس في يوم غد . ولكن لو كان الامر يتطلب شهراً كاملاً من عمـل آلة حاسبة ، فان التكهن يكون عندئذ دون فائدة عملية تذكر . الا انـه يمكن لنا الرد على هذا بقولنا ان التقدم في ميدان صناعة الآلات الحاسبة يجعـل دائماً من الممكن استخلاص التكهن بسرعة تؤمن الاستفادة منه . لكننا نظل نواجه تكهنات تتطلب ، بطبيعتها ، زمناً أطول من الزمن الذي يتطلبه وقوع الحادثة التي نود التكهن بوقوعها . وقد يكون هذا هو الحـال ، مثلاً ، عند محاولة التكهن بما سيتخذه الناس من قرارات في ظروف معينة .

ويستحسن ، تلخيصاً لما سبق ، ان نتذكر بأن مشكلة التكهن هذه لا علاقة البتة لها بما اذا كان الكون محتومـاً بشكل غامض من الأشكال ، بل انها تتعلق بطاقاتنا البشرية على تفهم الكون. ان تقدير مدى التكهن بالمستقبل ودقته بوسائلنا المحدودة هو مشكلة علمية في كل مرحلة من مراحل هذا التفهم، الا انه من اختصاص الفيلسوف ان يمعن الفكر في هذه الحدود وايها اساسي لا غنى عنه وايها خليق ان يزول أو يخفف باطراد التقدم البشري .

---

١ — Unified Field Theory

لننظر بادىء ذي بدء ، في دليل مبتكر يبين ان التكهن التـام بالمستقبل أمر مستحيل من حيث المبدأ . اما مصدر هذا الدليـل فليس جلياً عندي ، ذلك لانني سمعته ينسب لاناس مختلفين . وقد قام ك . ر . بوبر بدراسة هذا الموضوع بشكل شامل .

لنفرض اننا عثرنا على القوانين السببية العائدة الى الطبيعة المحسوسة ، أو حتى ان روحاً من الأرواح همس بهذه القوانين في اذننا ، نستطيـع ، عندئذ ، ان نضع آلة مصممة خصيصاً لتتكهن بالمستقبـــل اذا هي زودت بالمعلومات اللازمة . اذن فلنضع هذه الآلة ، ولنضعها في المخبر معزولة عزلاً كامـلا عن الخارج ، ولنرتب اسلاكهـا بحيث يكون في قدرتهـا ان تجيب بـ «نعم» او بـ «لا» عن اي سؤال حول المئة سنة القادمة . ثم لنربط بهذه الآلة مروحـة كهربائية مصممة بحيث يستمر دورانها مئات السنين ما لم يقطع عنها التيار ، وليكن ربطها بشكل يقطع التيار اذا اجابت الآلة بـ «نعم» .

ولنسأل الآلة : « هل ستظل المروحة تدور بعد تسعة وتسعين عامـاً من هذه اللحظة ؟» فاذا هي تنطلق في عملية حسابية معقدة . ان عليها اذا كان المستقبل قابلاً للتكهن ، ان تزودنا بالجواب عاجلا أو آجلا . واذا أردنا هذا الجواب ان يكون مفيـداً على الاطلاق ، فعلى الآلة ان تتوصـــل اليه قبل انقضاء الاعوام التسعة والتسعين . ولنفرض ان الجواب كان « نعم » ، أي ان المروحة ستظل تدور . ان هذا الجواب بالذات سيؤدي الى توقف المروحة ! ولكن اذا كان الجواب نفياً فان المروحة تظل تدور لعدة مئات من السنين . اذن فجواب الآلة خاطىء في الحالتين .

وقد يدور في خلد القارىء ان نقطة الضعف في هذا الدليل هي ان الآلة نفسها تشكل جزءاً من النظام الذي نحاول دراسته. ولكن السنا نحن جزءاً من الكون الذي نطلق التكهنات بشأنه . اننا اذا حللنا هذا الوضع ، فسوف نجد ان الدليل هذا لا عيب فيه. اذن فلا بد ان تكون احدى فرضياتنا على الاقل خاطئة ، وسنرى ان هذه الفرضيات تماثل العوامل الاربعة التي تؤثر في التكهنات. فلقد افترضنا، اولاً ، ان في حوزتنا القوانين التي تتحكم في المسائل التي من هذا النوع ولربما لا يمكن جعل هذه القوانين مفهومة لنا وبالتالي لآلاتنا. ثم افترضنا ، ثانياً ، انه قد توافرت لنا جميع المعلومات الاساسية اللازمة . ولربما كان ذلك ابعد مما نستطيع تحقيقه . وافترضنا في المقام الثالث ، ان الآلة تستطيع القيام بالعمليات الحسابية اللازمة بينما الواقع ان مسائل كهذه قد تكون مستحيلة الحل بالنسبة لها . واخيراً ، وهذا ابسط ما في الامر فقد يكون وضع الآلة انها تتطلب اكثر من تسعة وتسعين عاماً لانجاز العمليات الحسابية المطلوبة ، الامر الذي يزيل عن نتائجها صفة التناقض . فاذا أعطت هذه الآلة جوابها بالايجاب في السنة المئة فان هذا الجواب يوقف دوران المروحة ، لكنه لا يغير الواقع انها ظلت تدور طوال تسعة وتسعين عاماً . ان كل عامل من هذه العوامل على حدة ، او جميعها معاً يستطيع جعل التكهن المطلوب مستحيلاً . انه لمما يشوق النفس ان يتحدد السبب الفعلي لما حدث .

والموضوع الثاني يتعلق بصورة محددة في صعوبة حل المسائل الرياضية العائدة للتكهنات. ولقد اثبت ك. جودل صحة فرضية تسترعي الاهتمام مآلها انه مهما تكن الوسائل الرياضية المتوافرة لنا ، فان هذه الوسائل لن تستطيع حل بعض الاسئلة التي يمكن ان نطرحها على انفسنا . الا ان هذا لا يمنع ان

يؤدي تقدم الرياضيات الى حل مسألة لم تكن قابلة للحل من قبل ، غير انه سيظهر اذ ذاك مسائل جديدة لا يمكن الاجابة عليها . ان تقدم الرياضيات ، بكلمة اخرى ، تقدم لانهائي وكل مرحلة من مراحله تحوي اسئلة لا يمكن الاجابة عليها .

نحن نعلم ان كل مجموعة من النظريات في العلم هي عبارة عن تفسير لنظام رياضي من طراز متقدم نوعاً ما ، وانها تحتوي ، بالتالي ، على بعض اسئلة لا يمكن الاجابة عليها . ولكن ما نجهله هو هل تتعلق هذه الاسئلة بالتكهنات، علماً بأنه ليس لنا ان نفترض عدم وجود هذه العلاقة . ومن الممكن جداً اننا حتى لو عرفنا بالضبط القوانين السببية التي تنطبق على جميع نماذج الظاهرات ، وتوفر لنا معين لا ينضب من المعلومات، فانه يظل متوجباً علينا ان ننتظر تقدم الرياضيات بالنسبة لتكهنات معينة . ويبدو ، لسبب من الاسباب ، ان هذه الامكانية لم تلق الاهتمام الكافي . اننا عندما نجد مسألة في الفيزياء لا تزال دون اجابة ، فاننا نفترض مرد ذلك الى ان احداً لم يعثر بعد على « الحيلة » المناسبة لحلها. والواقع انه من الممكن ان تكون المسألة محتاجة الى فرع جديد كلياً من الرياضيات لحلها .

ويشير هذا كله الى امكانية ممتعة . هي انه لا يتوجب علينا ان نتوقع تقدماً دون نهاية من قبل العلماء النظريين فحسب ، بل ان على هذا التقدم ان يساير ما يحققه علماء الرياضيات من تقدم مستمر لا نهاية له ، اذا اريد له ان يكون ذا نفع لبني الانسان .

١٢ الحيـــاة

ان اعظم منجزات العلم تتأتى ، في الغالب ، من الطبيعـة الصماء . وحين كان الأمر يتطلب ، خلال هذا الكتـاب ، تقديم امثلة عن النظريات العلمية ، كنت في غالبية الاحيان اتجه الى الفيزياء ، منجنبة العلوم الاخرى . أما الآن فلا بدّ من ان أسأل عما يستطيع العلم قوله بالنسبة للحيـاة ، مع علمي بانني سأجد نفسي حالاً اتخبط وسط عدد من الخلافات .

حدود العلم

تعودنا ان نربط كلمة «علم» بالهاتف ، والذرات ، والعقاقير المستغربـة ، والصواريخ ، وحتى بالتلفزة بين الكواكب السيّارة ، وقلما تعترينـا الدهشة امام تكهنات حول منجزات العلم في المستقبل طـالما انها لا تتناول الا المادة الصماء . الا ان اكثرنا يقف موقفاً شديد التحيز حيال حدود العلم حين يتناول الكائنات الحية .

نحن ندرك ، بلا شك ، ان العلم قد حقق بعض التقدم في دراسة الحياة ، لكننا نميل الى اعتبار ذلك متعلقاً ، في معظمه ، باشكال الحياة الدنيا ، وان

هذا التقدم يغدو أقل شأناً كلما تدرجنا صعداً في سلم النشوء والارتقاء . على ان هذا التقدم لا يقارن بحال من الأحوال بالانتصارات التي حققها علم الفيزياء. ونحن اليوم نطرب اذا استطاع العلماء التنبؤ بخسوفات القمر لآلاف السنين ، ولا يزعجنا كثيراً اذا نجح عالم ما في التكهن بألوان عيون ذبابات الفاكهة التي لم تولد بعد . الا اننا نثور امام فكرة قيام احد العلماء بالتكهن بما سنقوم به من اعمال في المستقبل .

وانه لتقييم صحيح للوضع الحالي في العلم ان تقول بان الفيزياء والكيمياء عملاقان امام البيولوجيا والعلوم الاجتماعية . الا ان القضية ههنا هي الامكانات الكامنة في هذين المجالين المتخلفين . وتطالعنا هنا مجادلات عنيفة . وتحيزات شديدة . والقليل القليل من التفكير الواضح. ويبدو ان هذا موضوع تستحيل مناقشته ، لان المناقشة تحتاج الى مناقشين اثنين يؤيدان كل جانب من جانبي الموضوع. والظاهر انه ليس ثمة شخصان متفقان في الرأي بصدد هذه القضية.

غير انه يمكننا كخطوة مبدئية اولى ان نصنف المهتمين بهذه القضية الى فئتين ، هما الحيويون والآليون[١] . واذا نحن رجعنا الى « قاموس الفلسفة » وجدنا تعريف الفلسفة الحيوية بأنها «المذهب القائل بأن لظاهرات الحياة طبيعة متفردة تجعلها مختلفة جذرياً عن الظاهرات الفيزيائية الكيميائية » . ان معتنقي هذه الفلسفة يقولون بأن مرد الحركة في الكائنات الحية هو « قوة حيوية » كتلك التي يدعوها درايش[٢] «نزعة الكمال»[٣] او ما يدعوه برجسون[٤]

---

١ – Mechanists

٢ – Driesch

٣ – Entelechy

٤ – Bergson

بالدافع الحيوي . ويقابل الفلسفة الحيوية مذهب الآلية البيولوجية الذي يؤكد انه يمكن تفسير جميع الظاهرات الحية بواسطة المفاهيم الفيزيائية الكيميائية دون غيرها .

هذا التعريف نقطة بداية طيبة لما سيتبع من اعتبارات ، الا انه يحتوي على كثير من الكلمات الطنانة التي هي احوج ما تكون الى التفسير . ومن المجدي ان نبحث هذه المفاهيم عن طريق مثال حسي. لذلك نتجه الى نظرية النشوء والارتقاء .

النشوء والارتقاء

سنأخذ بعين الاعتبار ، استهدافاً لجلاء الامر ، عدة نظريات متضاربة حول كيفية نشوء الكائنات وتطورها .

اقدم نظرية بهذا الصدد في المدنية الغربية هي في الارجح تلك التي وردت في الكتاب المقدس. ان احد اوجه النجاح التي سجلها تطور العلم الحديث كان في اقناع الانسان العادي بأنه ليس ثمة خطر ديني في رفض المادة العلمية التي يشتمل عليها الكتاب المقدس . ولقد تطلب الامر ألفي عام لكي يدرك الانسان ان التعاليم الاخلاقية في الكتاب المقدس مستقلة عن محتواه شبه العلمي ، تماماً كما ان المحتوى المنطقي في « مبادىء الرياضيات »[1] لا يعتمد من اجل اثبات صحته على برتراند راسل ومعتقداته الاخلاقية الخاصة .

---

١ – Principia Mathematica لاسحق نيوتن — المترجم

ان القضية الاساسية في رواية الكتاب المقدس التي دحضها تتابع الادلة هي ان الاجناس المختلفة خلق بعضها بمعزل عن البعض الآخر . فنحن اليوم امام أدلة قاطعة نضطر امامها الى القبول بنظرية تطور الاجناس من أشكال بسيطة الى اشكال معقدة عبر فترة ربما بلغت ملياراً من السنين. وهذا المذهب مشترك بين جميع النظريات الشائعة في النشوء والارتقاء . ولا يسعني الا ان أقول بأن وصف نشوء الحياة وتطورها بهذا الشكل يبدو اكثر روعة بكثير من الوصف الذي نجده في الكتاب المقدس .

ولأبدأ بعرض موجز لذلك الجزء من النظريات المختلفة الذي عادة ما يحظى بالقبول العام . ان أكثر ما سأعرضه كان معروفاً لدى داروين لم أضف عليه الا آلية قوانين مندل ونظرية التحوّل الفجائي[1] التي نمّاها دفريس[2].

ولربما كانت اكثر الحقائق اساسية بالنسبة للكائنات الحية هي طاقتها على التوالد وانجاب عدد ضخم من كائنات حية اخرى تشبهها صورة الى حد ما ، والجنس البشري هو ابطأ هذه الكائنات في سرعة توالده غير انه يمكن لرجل وامرأة ان ينجبا عشرة أولاد قبل ان يبلغا سن الاربعين، كما يمكن لهذه الذرية ان تعيد الكرة دون كبير جهد . فلو عمد آدم وحواء لانجاب الذرية بهذا النحو ، ولو قدر لجميع اولادهما ان يفعلوا فعل ابويهم ، ثم تبع الاحفاد النهج ذاته ، فلن ينقضي الف عام الا ويبلغ عدد الناس مبلغاً من الضخامة حتى لتضيق رقعة اليابسة بهم وقوفاً كتفاً الى كتف . والواقع انه لو سار التوالد

---

١ – mutation – اي التبدل الفجائي في الانتقال الوراثي للصفات (وقد ورد في معجم العلايلي (١–٥٤) تعريب هذه الكلمة الى « افتجاء ») . – المترجم

٢ – De Vries

على هذا المنوال لاستدعت الحال بعد الف عام وقوف الناس بعضهم على رؤوس البعض الآخر لكي تتسع لهم الارض .

من هذه الارقام البسيطة يستدل قطعاً بأن هنالك حاجة بالفعل لتنازع البقاء . فاذا أضفنا الى هذا الانواع الاخرى ، وبعضها يتوالد بسرعة أكثر ، فاننا نجد بأنه يتوجب على كل جيل من كل نوع ان يجاهد لكي يؤمن لنفسه مقومات العيش .

وتنازع البقاء هذا غير مسبب عن رغبة خبيثة لدى بعض الافراد في القضاء على البعض الآخر ، بل عن الضرورة المادية لازهاق أحياء آخرين لكي يمكن تأمين مكان للعيش وغذاء للقيام بأود الحياة . وفي هذا التنازع نجد ان الافراد الذين أعطوا ميزة خاصة هم الذين يظلون على قيد الحياة وسرعان ما تنتشر ذريتهم لتحتل الارض . ولكن كيف تتأتى الميزات الخاصة لهؤلاء الافراد ؟

ان الجيل الجديد ، بحسب قوانين مندل ، يحوي خاصات الأبوين ، الا انها مرتبة بشكل مختلف . فالمورّثات[1] التي تحمل صورة الحياة خالدة ، لكنها تتبع ترتيباً مختلفاً في كل جيل جديد . ولو كان هذا كل ما قد تحسبت له الطبيعة لقدر لنا ان نرى زوال بعض الخاصات المعروفة . أما الأنواع الجديدة فلا يمكن لها ان تكون الا باعادة ترتيب هذه الخاصات . وانه لمن حسن الحظ ان يطرأ على احد هذه المورثات في المدى الطويل اختلال في نظامه فيتحول الى مورث مختلف كلياً عما سبق . وفي تسع وتسعين بالمئة من جميع هذه الحالات بشكل عام ، يعني هذا التحول تبدلاً مؤذياً يؤدي الى

---

١ — Genes

موت الوليد الذي يحمل هذا التحوّل الفجائي . أما في الحالة المئة فان هذا المورث يحبو صاحبه بما يميزه عن مزاحميه، فيمكنه ، ببطء وتأكيد، ان يجعل من نفسه سيداً عليهم .

ولنفترض ان هنالك ألفاً من الخيول على جزيرة ، وكانت جميعها متشابهة نوعاً ما . ولنفترض ايضاً ان مقدار الاعشاب محدود ، الامر الذي يبقي عدد الخيول على حاله تقريباً ، ولنفترض ان هنالك نوعاً من النمور المفترسة التي تهدد حياة تلك الفصيلة من الخيول باستمرار . ففي احد الايام يولد مهر صغير فيه مورثات ، تمكنه من الجري أسرع من اقرانه . فيكون من نصيبه البقاء ، ونجد ان الجيل التالي فيه عشرة خيول سريعة و٩٩٠ من الخيول العادية . ولنفترض ان كلا من هذه الخيول العشرة ينجب حوالي عشرة مهور يموت منها تسعة في تنازع الغذاء ، فيبقى عدد الخيول الاجمالي ثابتاً (انني اتجاهل عمداً جنس هذه الخيول بقصد التبسيط) . غير ان الخيول السريعة ذات حظ اكثر بقليل من الخيول الاخرى في الهرب من النمور ، فيؤدي ذلك الى ظهور اثني عشر منها في الجيل التالي وربما ثلاثة عشر في الجيل الذي يليه . وهكذا تتوالى زيادات قليلة ، يتتابها بعض النقصان حيناً بعد حين . اذا افترضنا هذا كله فان قوانين الاحتمالية تنبئنا بان هذه الخيول ستظل قلة لعدة أجيال ، غير انه يمكن لنا ان نتوقع ان سريع العدو منها سيحل كلياً محل النوع «العادي» من الخيول بعد عدة آلاف من الأجيال .

وثمة نظرية رياضية بارعة في وصف حالة كهذه مستمدة من احد اشكال الرهان . لنفترض ان هناك فريقين من الخيول يتنافسان على امتلاك المكان الذي يعيشان فيه وان الحصان الخاسر يخلي مكانه للرابح . ولنفترض ايضاً ان فريق الخيول السريعة يتميز قليلاً عن الفريق العادي ، أي ان نسبة حظه في

الربح تبلغ ٥٥ بالمئة مقابل ٤٥ بالمئة للفريق المضاد . ففي هذه الحال نجد ان النظرية تنبئنا بأن احد الفريقين المتراهنين سوف تكون له الغلبة الكلية في نهاية المطاف . كما ان التكهن يكون في صالح فريق الخيول السريعة بنسبة سبعة الى واحد ، وذلك بالرغم من وضعهم غير المؤاتي (اي قلتها) في أول الشوط . اما التكهن نفسه فهو ان الامر يتطلب ما بين ثمانية آلاف وتسعة آلاف جيل لكي يزول احد الفريقين . هذا بالطبع مثال بدائي جداً ، الا انه بالامكان ان نعرض اشكالاً اكثر واقعية منه بهذه الطريقة المناسبة .

واذا نحن جمعنا حصيلة جميع التحولات الفجائية وجميع عمليات الانتخاب الطبيعي[1] التي اعتملت في مدى مليار من الاعوام ، فمن المفترض ان يتوفر لنا تفسير لتاريخ النشوء والارتقاء . هذه هي النظرية الداروينية الجديدة[2] ، اي نظرية داروين بعد تعديلها لتتناسب مع الحالة الحاضرة. وبحسب هذه التحولات الفجائية ان تحدث حدوثاً عشوائياً، فاذا أضيفت الى عملية الانتقاء الطبيعي في مدى هذه الاحقاب الطويلة ، امكن لها ان تعلل هـذا الاختلاف الاخاذ في اشكال الكائنات الحية .

ان الصعوبة الكبرى في تقييم هذه النظرية تكن في انها ليست تامة ، فهي وصف كيفي اكثر منها نظرية علمية دقيقـة . ويدعي القائلون بالداروينية الجديدة انه ليس ثمة حالة معروفة من حالات النشوء والارتقاء الا ويمكن لهم تفسيرها . هذا ، في الواقع ، غير صحيح ، فالحقيقة هو انه ليس ثمة حـالة تناقض نظريتهم بجلاء . الا ان هذا لا يدعو للعجب عندما ندرك ان النظرية

---

١ — natural selection

٢ — Neo – Darwinism

لا تقول الشيء الكثير في الواقع. فالقول بأن التغيرات المعروفة كان يمكن لها ان تتأتى بواسطة العمليات التي ذكرناها لا يشكل تفسيراً لهذه التغيرات . ولقد سبق ورأينا ان التعليل المناسب هو الذي يمكننا من التكهن بالنتائج قبل حصولها . غير انه ما من نظرية في النشوء والارتقاء تمكننا اليوم من القيام بتكهنات على هذا الغرار .

اننا نجد في نشوء الحصان الحديث أشهر مثال على مجموعة من التغيرات التطورية . فمنذ خمسين مليوناً من السنين كان هنالك حيوان يجوب الارض نعتبره اليوم اقدم سلف لخيولنا يمكن التعرف اليه . لقد كان لهذا السلف البعيد اربعة اصابع وكان يقتات من الأوراق الطرية للاشجار القليلة الارتفاع. وقد اخذ حجم هذا المخلوق يزداد بالتدريج عبر العصور ، كما تقلص عدد اصابعه من اربعة الى ثلاثة واخيراً الى اصبع واحد (اي الحافر) ، كما تحسنت اسنانه حتى غدت اليوم مناسبة تماماً لاكل الحشائش في المراعي بدلاً من اقتطاف أوراق الشجر . ان علينا ، بالاستناد الى عملية الانتخاب الطبيعي ، ان نبحث عن تعليل يقارب ما يلي: من صالح اي حيوان لا يمكنه حجمه من الاختباء ان يزداد حجمه حتى يزداد حظه في معركة تنازع البقاء . فاذا ازداد طول ارجله فان قدرته على الهرب من وجه أعدائه تزداد بدورها . اما التغير في عدد الاصابع فهو يساعد على تحسين سرعة الجري . واما التغير في الاسنان فقد نتج عن تغير في المحيط ، فالصعوبة المتزايدة في الحصول على مقادير كافية من أوراق الشجر حدت بالخيول (أو اسلافها بالاحرى) لان تتجه صوب مصدر جديد للغذاء ، اي الحشائش . لذلك فان اسنان الخيل الحالية تشبه احجار الرحى وهي مناسبة تماماً لطحن الاعشاب . ولما كانت هذه التغييرات تسهل للافراد مشكلة استمرار البقاء، فان الافراد الذين تأتت

لهم التحولات الفجائية في الاتجاهات المناسبة هم الرابحون على الافراد العاديين في تنازع البقاء على المدى الطويل. فيكيّف النوع نفسه مع محيطه ببطء لكن باستمرار وهكذا الى ان نصل الى الحصان الذي نعرفه اليوم . (وغالباً ما يؤدي سرد هذه الحكاية ، لسبب ما ، الى الفكرة بان تطور الحصان قد بلغ منتهاه) .

لا شك انه كان بمقدور الحصان ان يتطور بالشكل الذي وصفناه، ولكن لو اتيح لداروين ان يعيش منذ خمسين مليون عام فلا شك في انه ما كان ليستطيع التكهن آنذاك بحدوث هذه التغيرات ، حتى ولو كان يعلم كيفية تبدل البيئة . لذلك ، وبما ان نظريته لم تكن لتسمح بالتكهن آنذاك ، فانه لا يمكن الاستناد اليها في التعليل اليوم . انها مجرد هيكل للتعليل ينتظر ملؤه بالتفاصيل فيما بعد .

المعارضة

تعتبر المدرسة اللاماركية من أشد الجماعات معارضة لنظرية داروين . والواقع ان نظرية لامارك قد سبقت نظرية داروين ، فأعظم مؤلفات لامارك ظهر في ١٨٠٩ ، وهو عام مولد داروين. والجزء من نظريته الذي يستوجب اهتمامنا هو اعتقاده بامكان وراثة الخصائص التي يكتسبها الفرد خلال حياته. وقد كان هذا هو التعليل الذي استند اليه في تفسير سبب تكيف الانواع مع بيئاتها :

فالجيل الوالد يشعر بالحاجة الى تغيّر ما ، كالحاجة ، مثلاً ، الى عضلات اشد قوة ، فيحقق ذلك باستعمال هذه العضلات بشكل مستمر، الامر الذي

ينتج عنه ان تأتي الذرية وعضلاتها أقوى نوعاً ما . وهكذا الى ان يتم التغيّر الكبير عبر مراحل بطيئة . ولقد كان داروين نفسه يقول بهذه النظرية ، الا ان دعاة الداروينية الجديدة نبذوا هذه النظرية لصالح التحوّلات الفجائيـة العشوائية. ان الصعوبة الكبرى فيقبولهذه النظرية (لامارك) هي اننا لسنا نرى السبيل الذي يمكّن للخواص المكتسبة من ان تنتقـل الى الجيل التالي . ان علينا ان نعتقد اذاك ان استعمالنـا لاذرعنا لا يقوي عضلاتهـا فقط بل يغير تركيب المورث في خلايا التوالد . وهنالك ايضاً ، بالاضافة الى هذه الصعوبة النظرية ، تجارب وضعت للتثبت من صحة نظرية لامارك. ومع انني لا اعتبر نتائج هذه التجارب قاطعة ، فانها تجعل النظرية أقل وثاقـة مما يجب ان تكون عليه النظريات المقبولة .

ما هو السبب اذن في عدم استبعاد نظرية لامارك كلياً ؟ (انها ، على سبيل المثال ، النظرية المعترف بها رسمياً في الاتحاد السوفياتي) . يعود السبب الى ان الكثيرين من علماء البيولوجيا يشكون في قدرة الداروينية الجديدة على تعليل سرعة التطور . ومع انه من الصعب جداً ان يصـار الى تقدير للسرعـة التي يجب ان تسير بموجبها مختلف العمليات في نظرية كيفية غير تامة بعد ، الا ان بعض هذه التقديرات قد وضع بالنسبة لنظرية النشوء والارتقاء ، وهي تدعو الى القلق . فبالاستناد الى الداروينية الجديدة تنبئنا نظرية الاحتمالات ، بانه لم يكن بدّ من حدوث التطورات على أي حال ، ولكن بعض التقديرات تبين ان هذا التطور كان يتطلب زمناً أطول لبلوغ المرحلة التي وصل اليها اليوم .

ولنأخذ مثلاً على ذلك تطور النوع البشري . ففي اعتقـادنا ان أسلاف هذا النوع الذين عاشوا منذ مليون عام لم يكونوا على شكل يسمح بالتعرف الى ما يكن فيهم من خاصات البشر . ما هو عدد التحولات الفجائيـة التي

حدثت خلال هذه الفترة القصيرة نسبياً ، وكم هو عدد التحولات الفجائية النادرة الصالحة التي استدعاها تطور الانسان الحديث ؟ هنالك ٤٠٠٠٠ جيل في تلك الفترة . ولدينا دلائل تاريخية تثبت ان الازدياد الكبير في عدد البشر قد حدث خلال العصور التاريخية في حين ان عدد البشر عند فجر التاريخ لم يكن يتجاوز عشرات الالوف . لذلك فقد يمكن لنا الافتراض بان العدد الاجمالي للكائنات البشريه منذ أيام «الحلقة المفقودة» يساوي عدد البشر اليوم. فاذا رجعنا الى الداروينية الجديدة توجب علينا الافتراض ان هنالك من التحولات الفجائية على سطح هذه البسيطة في الوقت الحاضر ما يكفي لكي تقوم عملية بسيطة كالانتخاب الطبيعي بايجاد نوع متفوق من البشر بواسطة انتقاء الخاصات الحالية الملائمة . وبالرغم من ان هذا الامر ليس بأبعد من ان تحده مخيلتنا ، الا انه يبدو غير محتمل نوعاً ما . هذا هو نوع الجدل الذي يلقي الشك حول كفاية الداروينية الجديدة لتعليل السرعة التي نشاهدها في تاريخ عمليات النشوء والارتقاء . فاذا كان هذا الامر معقولاً (ولن نتحقق من ذلك الا بعد ان تغدو الداروينية الجديدة أكثر دقة) فانه يتوجب ان يكون ثمة عوامل سببت تحولات فجائية (أو تغيّرات اخرى في تركيب الصبغيّات[1]) بشكل غير عشوائي . أي انه اذا أمكن للبيئة ، سواء مباشرة ام بواسطة نشاطات الأفراد ، ان تتسبب في حصول تغيرات قابلة للوراثة تمكن الفرد من تحسين تكيفه مع بيئته، فان سرعة التطور تبدو أكثر قبولاً، ذلك لاننا نجد، في هذه الحال ، عدداً فائضاً من التحوّلات الفجائية الصالحة ، الأمر الذي يؤدي الى اسراع العملية برمتها .

ويمكن لنا ان نقول ، في شيء من الحذر ، ان النظرية اللاماركية وان لم

---

١ — chromosomes

تعد تحظى بالقبول ، الا ان القول الفصـــل في الموضوع لم يسمع بعـد . ان اللاماركيــين قد يكونون محقين في انتقادهم الداروينية الجديــدة ، حتى وإن كانت أقوالهم الايجابية خاطئة. وليس بامكاننا التحقق القاطع من هذه النظرية الأخيرة الا بعد ان تبلغ درجة من الكمال يمكن لها عندها القيام بالتعليل بحق، وسوف نرى عندئذ هل تستطيع تعليل سرعة النشوء والارتقاء .

لقد بحثنا الى الآن اشهر تعليلين آليين ، وعلينـا الآن ان ننظر في أمر منافسيها الحيويين . والاستناد ههنا الى ان هنالك قوى حية معينة لا وجود لها في الطبيعـة الصماء ويتوجب اخذها بعين الاعتبـار لكي يمكن لنا تعليل جميع حقائق النشوء والارتقاء .

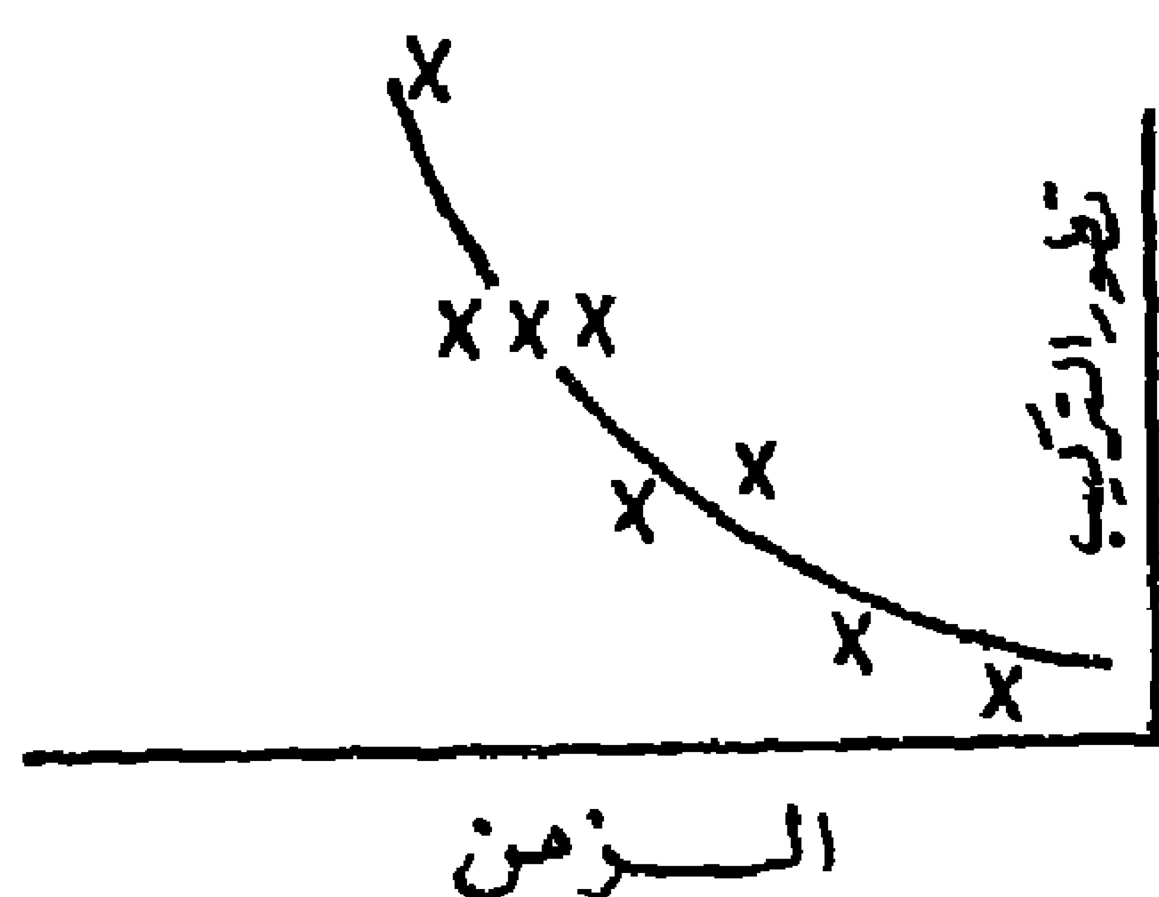
علينا ان نلاحظ ، أولاً ، ما يبدو من اتجاه غريب في النشوء والارتقاء نحو التطور في «خط مستقيم» . فمقاسات الحصان (وأنواع كثيرة اخرى) في ازدياد متواصل عبر الأجيال. كذلك فاسنان النمر تنمو تدريجياً الى ان تغدو وكأنها سكاكين قاطعة، كما ان مختلف السلالات في عائلة الوعل تنمي لها قروناً متفرعة على شكل الرقم «٧» وتغدو على قدر كبير من ضخامة الجثة. وهنالك انواع اخرى تزداد رقة الى ان تنقرض ، وهكذا دواليك .

علينا الا ندخل في جدل عقيم حول هذه التطورات وهل هي «مستقيمة» أو لا . وأود ان ابين، على سبيل المثال، ان خيرة الرجال يرتكبون الشطط. فقد قام سمبسون في كتابه الممتع « معنى النشوء والارتقاء »[١] باعطاء مثـل افتراضي على تطور في «خط مستقيم» ، وبحثه بحثاً مفصلاً . وسأقوم بدوري

---

١ — Simpson, «The Meaning of Evolution»

برمم شكل مماثل نوعاً واضيف المنحني الذي يعتبره اكثر ملاءمة من غيره . صحيح ان المنحني هذا هو أكثر المنحنيات قبولاً ، ولكن ايشكل هذا برهاناً على ان التطور لم يسر في خط مستقيم ؟ لنتفحص المحورين بامعان :

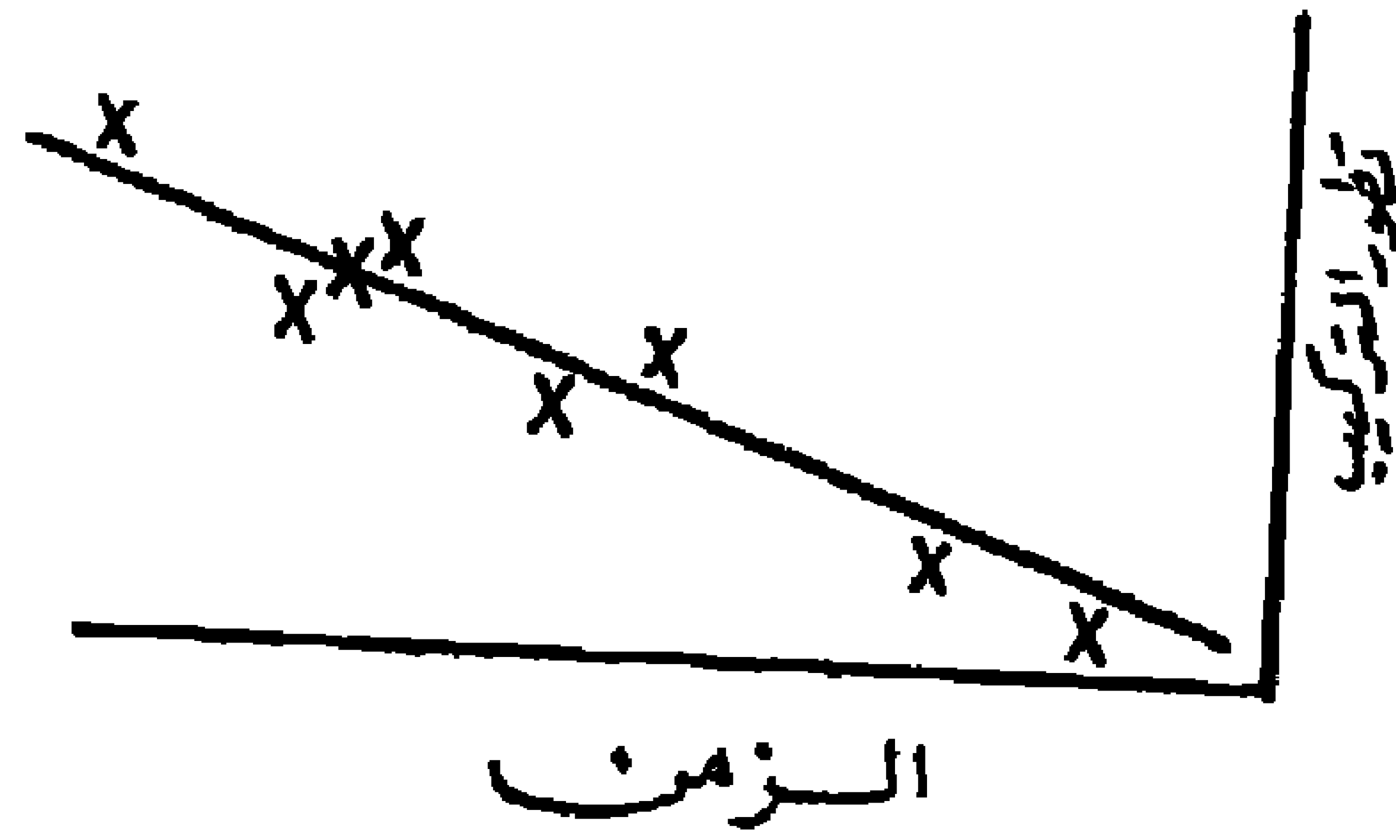


كيف يمكن للمرء ان يقيس «التركيب» . هل لدينا في الواقع قياس له يمكن التعبير عنه بواسطة العدد ؟ اذا لم يكن قياسه ممكناً الا بشكل كيفي، فما هي الوسيلة لتحديده في خط بياني ؟ وحتى لو كان لدينا قياس عددي ، كحجم الحيوان مثلاً ، فلسوف يتبقى الكثير من العشوائية ، اذ باستطاعتنا ان نعتمد طوله من رأسه الى ذيله، او نعتمد، مقاساً وسيطاً ، حجم الحيوان، او وزنه . وقد يكون المنحني مستقيماً بالنسبة لمقاس وغير ذلك بالنسبة للمقاسات الاخرى. ثم من ذا الذي يمكن له التأكيد ان المقاس النظري والمفيد ليس كمية اكثر تعقيداً ، كنسب الحجم[1] ؟ هنالك سوابق كثيرة من هذا النوع في علم الفيزياء — ولكن حتى لو نجحنا في الاجابة على جميع هذه الاسئلة نظل امام اسئلة لا يمكن الاجابة عليها بالنسبة لمحور الزمن . ولبيان ذلك

---

١ — logarithm of the volume

يمكن لي اعادة رسم البينات نفسهــا مع الافتراض بان التراكيب المختلفــة قد حدثت جميعها بالترتيب السابق ولكن في اوقات مختلفة نوعاً ما .



ها هي ذي النقاط جميعها على خط مستقيم — لكن ذلك لا يبدو معقولاً، اذ كيف يمكن ان تتتابع مختلف التراكيب بشكل مستقيم يعتمــد على عنصر الزمن؟ فالتغيرات نفسها تكون على شكل مستقيم اذا حدثت في تكرار معين وتكون على شكل منحن اذا حدثت في تتابع مختلف . اذن فمن الواضح ان مفهوم « الاستقامة » غير معقول . ان ما يعنيه الواحد منــا بخطوط التطور المستقيمة ليس بالشيء الذي يمكن رسمه كخط مستقيم على ورق بياني ، بــل هو اتجاه مستمر في ناحية معينة ، وهذا المثل هو مثل جيد على الخطر الكامن في الخلط بين البينات الكيفية والكمية .

كيف يمكن للبيولوجيــا ان تعلل هذا الميل الدؤوب عنــد بعض الانواع للاستمرار في التطور في نفس الاتجــاه ؟ ان التفسير الممكن الوحيد بالنسبــة للقائل بالداروينية الجديدة هو ان التطور في ذلك الاتجــاه يكون في صالح ذلك النوع، ولذلك فان آلية الانتخاب الطبيعي تسبب التغير في ذلك الاتجاه. غير انه يتوجب علينا ، في كثير من الاحيان ان نجهــد مخيلتنا لكي نجد مــا

يشير الى حالة استطاعت فيها هذه التغيرات المستمرة ان تساعـد النوع . ان الخطوات الاولى كانت في غالبيـة الاحيان ، في صالح النوع الا ان الخطوات التي تلتها كانت على العكس من ذلك حتى ليبدو انها غدت السبب الرئيسي في انقراض ذلك النوع . فازدياد الحجم مزية في العراك . الا ان الكتلة الضخمة تجعل من المستحيـل العثور على الغـذاء الكافي لاستمرار البقـاء . كذلك فان انياب النمر وقرون الوعل كانت عقبة اكثر منها عوناً . ومن الصعب جـداً ان نتصور كيف يمكن للرقـة المتزايدة في النوع (وهذه تحدث غالباً قبـل انقراضه بقليل) ان تكون ذات فائدة اطلاقاً .

ان المدرسة التي تلجأ بالقدر الاكبر الى هذه المجادلات هي تلك التي تؤمن بالتطوّر الموجه[1]. اي بالميـل الكامن في الكائنات الحيـة للتطور في اتجاهات محددة مسبقاً . ولقد قيل لنا ان خلايا التوالد تحتوي لا على ما يحـدد خصال القرد الذي يحملهـا فقط ، بل كذلك على ميول كامنة لتطوير الصبغيّات في اتجاه معين. لذلك فان النمر نمى انيابه لا لان في ذلك منفعة له، بل لانه كان مقـدراً لهيولاه[2] ان تنمو بهذا الشكل . ان النشوء والارتقـاء بالنسبة لهذه المدرسة الحيوية ، هو في مجمله مجموعة من تطورات مستقيمة كهذه.

ومن المشكوك فيه ان يكون التطور الموجـه نظريةً اطلاقاً ، ذلك لانها تبلغ من غموض التعبير مبلغاً يسلب النظرية اي قيمـة تعليلية ، اذ مـا هي التكهنات التي يمكن لنا القيام بها بالاستناد الى هذه المناحي المستقيمـة اذا لم يكن لدينا تعريف واضح لماهية كل منها ؟ انني اعتبر التطور الموجه على انـه انتقاد للنظرية الشائعة يشير الى انها (اي الداروينيـة الجديدة) لا تستطيع

١ — Orthogenesis

٢ — الهيولى : Protoplasm

اعطاء التعليـل المقبول لهذه التطورات . والتطور الموجـه ، لا يكاد يكون نظرية عامة ، لأن اي فرد حيادي يمكن له ان يشير الى العـدد الكبير من الحالات التي لا يبين فيها النوع عن اي منحى مستمر . غير ان التطور الموجه يشير الى بعض المناحي التي لم يكن تعليلها ممكناً الى الآن، كما يضع الافتراض بأنه لا يمكن تعليل هذه المناحي عن طريق نظرية ميكانيكية صرف . انـه يؤكد ان هنالك خاصة تكمن في الكائنات الحيـة (وهي غير موجودة في الطبيعة الصماء) وتؤدي الى حصول هذه التطورات ، غير انـه لا يشير (الا بشكل شِعْريّ) الى ماهية هذه الخاصة .

اما آخر النظريات الاربع التي سيجري بحثها ههنا فتتميز بأن من دعاتها اثنين من أعظم عباقرة الأدب: برجسون وشو . فقد تقدم شو بفكرة « قوة الحياة » وتقدم برجسون بفكرة « الاندفاع الحيوي » للتعبير عن قوى كامنة في الحياة ، وسعي لاشعوري لدى الكائنات الحية لبلوغ الكمال . هذه القوى هي ما يسبب النشوء والارتقاء . اما الملاحظات التي أوردتهـا بشأن التطور الموجه فانها تنطبق ههنـا ايضاً ولكن مع الفارق ان كتـاب شو « العودة الى متوشالح »[1] هو بـلا منازع أمتع ما يمكن قراءته اطلاقاً من كتـابات حول التطور .

وخلاصة القول اننا نجد قدراً كبيراً من الاتفاق يصحبه اختلاف اساسي واحد. فهنالك اتفاق عام بأن هنالك فيضاً من الكائنات الحية يؤدي الى تنازع البقاء وبالتالي الى عملية انتخاب طبيعي تقوم بالحفاظ على الافراد الذين تستبين لديهم ميزات ضئيلة بالنسبة لأقرانهم. كما ان هنالك اتفاقاً عاماً بأن هذه الفروقات

١ – « Back to Methuselah » by G. B. Shaw

متأتية من تغيرات في الصبغيات ، او من التحولات الفجائية. غير ان الخلاف هو في السبب الكامن وراء هذه التغيرات . فيقال لنا ، مثلاً ، انها تغيرات عشوائية ، وان استعمال الاعضاء او عدم استعمالها يؤثر في المورثات ، او ان هذه التغيرات تنحو في اتجاه معين او نحو دافع حياتي وان هذين الامرين ميزتان للكائنات الحية . وان فرضية التغيرات العشوائية هي ابسط نظريات اليوم وأكثرها حظوة. الا انها لا تزال بعيدة عن ان تكون نظرية كمية كاملة كما ان نقادها يشعرون بأن عجزها سوف يظهر فيما لو قدر لها ان تزداد دقة . ففي هذه الحال يتوجب اضافة فرضيات فرعية عليها ، ظهر بعض منها بالفعل — كالفرضية القائلة ، مثلاً ، بأن بعض الاعضاء ، كالقرون ، تنمو بنسبة الجسم ، الامر الذي يفسر القرون الضخمة لدى بعض الحيوانات على اساس ان تضخم الجسم كان نافعاً من الناحية البيولوجية وان نمو حجم القرون كان نتيجة ثانوية ترتبت على ذلك . كذلك فالفرضية اللاماركية يمكن ان تشكل امتداداً ميكانيكياً آخر للداروينية الجديدة . غير ان هنالك مدرستين تؤكدان انه لا يمكن لنظرية النشوء والارتقاء ان تغدو مقبولة الا اذا اضيفت اليها عناصر تختص بالحياة مهما تكن هذه العناصر . وهذه النظرة هي اساس الخلاف بين الآليين والحيويين .

البينات اللازمة لنظرية مقبولة للنشوء والارتقاء

لننظر ، قبل الخوض في الخلاف الاساسي ، في التغيرات التي يجب ان تحصل لكي تصبح نظرية النشوء والارتقاء نظرية علمية وافية .

لنعد الى نموذج المراهنات الذي وضعناه للنشوء والتطور ونسأل انفسنا

هل يصف هذا النموذج الداروينية الجديدة وصفاً صحيحاً . السؤال غير قابل للاجابة في حالة النظرية الراهنة، فالنموذج يتطلب معرفة مقدار الفائدة الذي يتأتى لحيوان ما من جراء تحول مفاجيء صالح او مؤاتٍ. ولقد سبق واخترنا تحكماً الرقم ٥٥ ٪ على انه احتمال ربح مكان من المجموعة التي لم تحدث فيها تحولات فجائية مؤاتية . غير ان النظرية لا تشتمل على اي شيء من شأنه تزويدنا بهذا الرقم. ويزداد الامر شكاً اذا سألنا السؤال التالي: هل من المعقول، في حالة جماعة محدودة العدد من الاحياء ، ان نفترض بأن كل جيل سيشهد واحداً او أكثر من الاحياء وقد تحوّل من طراز الى آخر ؟ كذلك فليس في النظرية ما يفصل على وجه التحديد الطريقة التي يتبعها فريق في التباري مع الفريق الآخر .

ان الامر يتطلب مزيداً من التفاصيل حول النقاط التي أوردناها، كما يحتاج الى بيّنات حول النسبة المئوية للتحولات الفجائية المؤاتية او الصالحة وعلى النسبة المئوية من هذه التحولات التي تؤدي، بحد ذاتها، الى تغير ظاهر ملحوظ في الفرد. كما نحتاج، بالطبع ، الى معلومات حول مقدار التكرار في كل تحول فجائي يحصل .

ونجد ، اذا نحن عدنا خطوة الى الوراء ، اننا لا نعلم الا القليل نسبياً عن الطريقة التي تتحكم بها المورثات في الخاصات. نحن نعلم انه بالامكان، بالنسبة لتركيب وراثي معين، ان يصار الى تغيير المظهر الخارجي للفرد بواسطة طرق حيوية[١] مختلفة. ولكن الى اي حد تتفاعل البيئة مع المورثات لايجاد المميزات الطبيعية ؟

---

١ – bio – chemical

هذه واسئلة كثيرة غيرها لا بدّ من الاجابة عنها قبــل ان يمكن وضع نظرية تطورية تستطيع ان تقوم حتى بأبسط التكهنات. غير ان هنالك بعض الامل في ان تتمكن بعض العمليات الاختبارية الحديثة ، وخصوصاً امكانية احداث تحولات فجائية كثيرة بواسطة الاشعاعات ، من ان تستعجــل نمو المعرفة في هذا الحقل .

اختزال احد فروع العلم

يقول دعاة المدرسة الميكانيكية، بشكل عام، انه يمكن اختزال البيولوجيا لتصبح فرعاً من فروع الفيزياء (والكيمياء) . اما ما يمكن لهذا ان يعنيه فهو المشكلة التي سوف نبحثها الآن .

من المناسب ههنا ان ننظر الى الفيزياء على انها تشتمــل على الكيمياء (التي كادت ان تصبح مؤخراً فرعاً من الفيزياء) وفي هذا مثــل من الامثلة المشهورة في الاختزال . ولقد رأينا (في الفصل العاشر) ان العلم بمجمــله محدد بمنهج مشترك وانه قد قسم الى فروع بحسب طُرُز الظـاهرات التي يطبق عليهـا هذا المنهج . فاحد هذه الفروع ، مثــلاً ، يهتم بظاهرات الحرارة ، وآخر (الميكانيكا) بحركات الجسيمات . (أما المصادفة التاريخية التي صنفت الاثنين في مجال الفيزياء فلا شأن لها بالنسبة الينا في الوقت الحاضر) . اننا ، عندما نلعب البليار ، نرى بان حركة الكرات المختلفة تدخل في نطاق اهتمام الميكانيكا ، أما ارتفاع حرارة الغطاء الأخضر بسبب الاحتكاك المستمر فمن الظاهرات الحرارية. وتتشكل النظريات تدريجياً في الفرعين وتعتمد كل منها أكثر التعابير النظرية ملاءمة لها في مجالات تطبيقها . ويكون الفرعان منفصلين اذا لم تكن التعابير

في احدهما مطابقة تمام المطابقة للتعابير في الفرع الآخر . فعبارة « الطاقة الحركية) من اختصاصات الميكانيكا ، أما عبارة «درجة الحرارة» فمن العبارات المستعملة في دراسة الحرارة . وقد يحدث ان نتمكن من العثور على نظرية تستطيع ، بتعابير ميكانيكية صرف ، ان تعلل جميع الظاهرات الحرارية ، فنقول عندئذ بان هذا الفرع الأخير قد اختزل ليغدو فرعاً من الميكانيكا .

هذا بالفعل ما حدث فيما يتعلق بالغازات (أما فيما يتعلق بالمواد الصلبة فان الأمر يتطلب منا أخذ ميكانيكا الكمّ بعين الاعتبار ، ويجعل الصورة أكثر تعقيداً) ، فقد تبين ان حرارة غاز ما تتناسب طردياً مع وسطي الطاقة الحركية لجزيئات ذلك الغاز ، وهذا يعني ان جميع النظريات حول الحرارة قابلة للتعبير بواسطة سرعات الجزيئات . فالقول مثلاً «ان الغاز يغدو اكثر سخونة » يعبر عن نفس الشيء الذي يعبر عنه القول : «لقد ازدادت سرعات جزيئات الغاز على المعدّل» .

وبهذه الطريقة يستطيع العلم ان يختزل عدد التعابير النظرية المختلفة التي يحتاج اليها . ويبسط بالتالي مجموعة النظريات. وهذا دائماً دليل على تقدم علمي أصيل . والعلم يزخر بأمثلة كهذه ، فالقوانين المختلفة التي وضعها كبلر وغاليليو ، وقوانين المد والجزر يمكن اختزالها جميعاً الى الفرع الذي يدرس التجاذب بواسطة قوانين نيوتن. ولقد اختزل معظم الكيمياء الى الفيزياء عندما تبين ان قدرة الارتباط لدى العنصر الواحد مرتبطة بشكل بسيط بعدد الكهيربات في المدار الخارجي للذرة . هذه الاختزالات تبسط العلم وتوحده ، لذلك فهي ذات قيمة كبرى في تاريخ العلم (راجع الفصل العاشر) .

علينا الآن ان نحاول اكتشاف ما يحققه هذا الاختزال بالضبط . لنفترض

اننا نتكلم عن فرع أول وعن فرع ثان نهدف الى اختزاله الى الفرع الاول . ولنفترض ان لكل من هذين الفرعين تعابيره النظرية الخاصة وظاهراته المميزة. ففي هذه الحال يمكن لنا القول بامكان اختزال الفرع الثاني الى الفرع الاول اذا وجدت نظرية مقبولة معبَّر عنهـــا بالمفاهيم النظرية للفرع الاول وكانت تستطيـع تعليل الظاهرات المميزة للفرع الثاني .

هذا التحديد على غاية من عظم الشأن ، ويتوجب علي ازاءه توضيـح بعض النقاط . ان امكان اختزال احد الفروع قد يتوقف على تقدم المعرفة ، لأن النظرية المختزلة قد لا تغـدو مقبولة الا بعد اكتشاف مزيـد من المعلومات . فالنظرية المتعلقة بعدد الكهيربات ، وكذلك النظريات الذرية المتبقية اللازمة لاختزال الكيمياء ، ما كانت لتحظى بالقبول لو لم تدعمهـا البينات المترامية الجديدة التي وفرتها لنا أجهزة القياس في القرن العشرين . وعندمـا نعثر على نظرية كهذه ونقبل بها يمكن لنا القول ان الفرع الثاني قد اختزل بالفعـل . ومن المفهوم ، طبعاً ، ان قبول النظرية مرتبط بمقدار معقوليتها .

يبقى ثمة نقطة مزعجة في الأمر ، هي وجوب القول بأن النظريـة «تعلل ظاهرات الفرع الثاني». ولست أعني بهذا ان التعليل يشمل جميـع الظاهرات، فذلك في الواقع مستحيل . الا اننا نعلم ، من نسق التعليلات ، انـه يتوجب اللجوء الى بعض الظاهرات (بالاضافة الى النظريات) لتعليل الظاهرات الباقية الاخرى . وحتى في هذه الحال فليس لنا ان نأمل ، الا في حـالة العلم المثالي الكامل ، في تعليل جميـع هذه الظاهرات المتبقية . لذلك يحسن بنا ان نفسر هذا القول على انه يتطلب من النظرية ان تستطيـع تعليل الظاهرات من الطراز الثاني بما يمكن ان نتوقعه لها من الصحة ، أي ، على سبيل المثال ، ألا تقل في ذلك عن مستوى نظريات الفرع الثـاني . وبكلمة اخرى ، فنحن نطلب من

هذه النظرية الجديدة ان تمثل تقدماً ما حتى لو اهملنا جميع نظريات الفرع الثاني. وعند ذاك فقط يمكن لنا ان نشعر بأن ذلك الفرع قد اختزل بالفعل، أو انه استبعد كفرع منفصل من فروع العلم .

وثمة وسيلة لتقوية متطلبات الاختزال كما ان هنالك وسيلة لاضعافها . فلنا الا نتطلب وجود نظرية مختزلة فحسب، بل ان تكون هذه النظرية معروفة في يومنا هذا ، الامر الذي يعني اختزال الفرع الثاني الى الفرع الاول في حالته الحاضرة . والاختلاف بين هذا المطلب والتعريف الوارد أعلاه هو انه لا يفسح المجال لادخال تحسينات على نظريات الاختزال . ويمكن لنا ، من جهة اخرى ، ان ننتقل الى الطرف الآخر فنسمح لا بادخال التحسينات على النظريات فحسب، بل كذلك على المفردات النظرية للفرع الاول، الأمر الذي يؤدي بنا للاختزال الى الفرع الاول في شكله الامتدادي[1] .

وسنقوم الآن بتطبيق هذه الاعتبارات على الخلاف بين الآليين والحيويين. ففي هذه الحال تمثل الفيزياء الفرع الاول من العلوم وتمثل البيولوجيا الفرع الثاني ولنا ان نسأل ، في اي من المدلولات الثلاثة ، هل يمكن اختزال البيولوجيا الى الفيزياء . فاذا كنا نرغب الاختزال الى الفيزياء في شكلها الحاضر فاننا نكون قد اتخذنا أكثر المواقف الميكانيكية تطرفاً، وسنرمز اليه بالتعبير « م١ » . واذا اردنا اختزالاً عادياً ، اي الوقوف موقفاً ادنى الى التسامح رمزنا اليه بـ « م٢ » . وفي حال افساح المجال للتحسينات التي قد تطرأ على مفاهيم الفيزياء النظرية نكون قد اتخذنا الموقف الميكانيكي الذي نرمز اليه بالتعبير « م٣ » . اما انكارنا لهذه المواقف فيؤدي الى ثلاثة مواقف حيوية ممكنة متدرجة في القوة .

---

١ — Extended form

الا ان هنالك مواقف حيوية اكثر تطرفاً من هذه . فالداعية الى المذهب الحيوي يمكن له التأكيد بأن الاختزال في اي من هذه المدلولات ليس مستحيلاً فحسب، بل انه يتوجب علينا ان ندخل في اعتبارنا « قوة حياة » او «مادة حياة » تماثل مبدأ « نزعة الكمال » الذي اقترحـــه درايش ، والذي تسبب في كثير من الجـــدل . ويمكن للانسان ، ان يـدعو نفسه آليـاً اذا هو لم يفعل أكثر من انكار وجود قوة او مادة جديدة كهذه . وسنرمز الى هـذا الموقف بالتعبير « $م_{٤}$ » . وهنالك ، اخيراً ، الحيوي الموغل في التطرف الذي ينكر ان تستطيع البيولوجيا، اطلاقاً، ان تغدو فرعاً حقيقياً من فروع العلم، والذي يعتقد ان القوانين التي تسيّر الحياة أبعد من ان يطالها التفهم البشري. اذن فقـد يمكن للعالم ان يصنف نفسه من دعـاة الفلسفة الآليـــة اذا هو أنكر حتى هذا الموقف المتطرف الاخير . وسنرمز الى هـذا الموقف ، وهو أضعف المواقف الآلية ، بالعبارة « $م_{٥}$ » . ويؤدي بنا انكار هـذه المواقف الخمسة الى خمسة مواقف حيوية سنرمز اليها بالعبارات «$ح_{١}$» الى «$ح_{٥}$».

واذا نظرنا في الشكـــل الايضاحي وجدنا انه بامـكان المرء كلياً ان يكون آليـــاً من وجهـة نظر مـا وحيوياً من وجهـة نظر اخرى . فباستطاعتـه ، مثلاً ، ان يقول بامكان اختزال البيولوجيا الى شكل فيزياء محسّنـة (اي الموقف « $م_{٣}$ ») وان ينكر ، في الوقت ذاته ، ان تكون وسيلة التعبير الحالية صالحة لاجراء هـذا الاختزال (أي انه ينكر الموقف « $م_{٢}$ » الذي يقابله الموقف « $ح_{٢}$ ») . ان كل موقف آلي جديد بوجه عـام، يتلاءم مع انكار كل المواقف التي سبقته . فاذا قال لنا احدهم انـه يتمسك بالموقف «$م_{٣}$» يتوجب عليه ان يخبرنا بوجهة نظره حول الموقفين «$م_{١}$» و«$م_{٢}$».

اذن يتوجب على اي انسان استقر على رأي نهائي بالنسبة لهذا الجدل ان يتخذ احد مواقف ستة يبينها الترتيب التالي :

اتجـــاه حيوي اقوى

م١ : البيولوجيا قابلة للاختزال الى الفيزياء الحالية .	ح١ : الفيزياء، في شكلها الحاضر، غير كافية لاجراء الاختزال
م٢ : يمكن تقوية نظريات الفيزياء حتى تسمح بالاختزال	ح٢ : تقوية النظريات لا تكفي لاجــراء الاختزال الى الفيزياء .
م٣ : يؤدي تحسـين مفردات الفـيزياء ونظرياتهـا الى الاختزال .	ح٣ : حـتى تحسين المفردات لا يمكن ان يسمح للفـيزياء بالاختزال .
م٤ : لا حاجة «لقوة حياة» أو أي مادة جديدة اخرى.	ح٤ : يتوجب ، على أي مجموعة وافيـة من النظـريات البيولوجية ، ان ترجع الى قوة أو مادة جديدة .
م٥ : قوانـين البيولوجيـا في متناول الفهم البشري .	ح٥ : لن تغدو البيولوجيا اطلاقاً فرعاً من فروع العلم .

اتجـــاه آلي اقوى

آراء حيوية قوية

أ — ١ (م١)	:	البيولوجيا قابلة للاختزال الى الفيزياء الحالية .
أ — ٢ (م٢ وح١)	:	الفيزياء الحالية غير قابلة للاختزال ، الا ان كل ما نحتاج اليه هو تقدم في النظريات.
أ — ٣ (م٣ وح٢)	:	ليس لدينا نظرية اختزالية بموجب المفردات الفيزيائية الحالية، الا ان تقدم الفيزياء كفيل بايجاد نظرية كهذه (بموجب تعابير جديدة) .
أ — ٤ (م٤ وح٣)	:	البيولوجيا غير قابلة للاختزال الى الفيزياء ، الا انه لا حاجة الى « قوة حياة » او « مادة حياة » .
أ — ٥ (م٥ وح٤)	:	بالامكان وضع وتنمية علم بيولوجيا اذا أقررنا بوجود « قوة حياة » او « مادة حياة » .
أ — ٦ (ح٥)	:	ليس في الامكان البشري جعل البيولوجيا علماً .

آراء آلية قوية

ستة مواقف محددة تحديداً كاملاً

ها نحن قد انعمنا النظر فيما تزعمه كل من المدرستين وتوصلنا الى جلاء مختلف المواقف الممكنة التي يمكن للناس ان يتخذوها . ان البعض من هذه

المواقف أكثر شيوعاً من البعض الآخر ، الا انهما قد وجدت جميعاً من يقوم بالدفاع عنها . ويدعى هذا النوع من التوضيح « بالتحليل المنطقي » . وفي اعتقادي ان أهم تقدم للفلسفة في المستقبل القريب سوف يتأتى من تحليل كهذا ، فهو يتطلب معرفة دقيقة باساليب المنطق الحديثة ومعيناً ضخماً من الصبر . الا ان الجزاء عظيم ، لأننا نستطيع اذ ذاك ان نتوغل في مسألة واضحة وان نتخلص من شعور الخيبة الذي يلازم عدم معرفتنا الحقة للموضوع الذي نجادل فيه .

والآن وقد اتضحت المشكلة فان علينا ان نرى ما يكون من امر حلها .

الفلسفة الآلية تجاه الفلسفة الحيوية

يمكن بالطبع ، لأي من المواقف الستة ان يكون هو الصحيح ، الا انها غير متساوية جميعاً في الاحتمالية . لذلك فقد يكون من الانسب ان نبحث فيها زوجاً زوجاً على حدة .

لننظر اولاً في الموقفين المتطرفين « $ح_1$ » و « $ح_6$ » ، ففي اعتقادي انهما في الاغلب على خطأ . فالموقف الآلي المتمادي في التطرف يدّعي بأن مجموعة نظرياتنا الفيزيائية والكيميائية الحالية تكفي لتعليل جميع ظاهرات الحياة . اما السبب الذي يجعلني متأكداً من بطلان هذا القول فهو ان هذه النظريات نفسها لا تكفي حتى لتعليل ظاهرات الطبيعة الصماء . واكثر علماء الفيزياء اليوم يقرون بأن نظرياتنا الحالية لا تكفي لتفهم نواة الذرة ، مثلاً ، وان على النظريات ان تتطور تطوراً ملحوظاً قبل ان يمكن تعليل العمليات الذرية الاساسية .

وهنالك ايضاً الواقع ان الفيزياء والكيمياء لم يسديا يداً ما الى البيولوجيا وهذا واقع يردده دعاة الفلسفة الحيوية بشكل مستمر كبرهان لآرائهم. الا ان هذا قد لا يعني اكثر من ان على هذه النظريات ان تتطور قبل ان يمكن لهـا ان تقوم بنصيبها في دراسة الحياة . لذلك نرى بأن الموقف الآلي البالغ التطرف، اي ان الفيزياء والكيمياء الحاليتين تكفيان لدراسة الحياة ، موقف يحتمل له كثيراً ان يكون على خطأ.

اما الموقف الحيوي المتمادي في التطرف ، اي «أ — ٦» ، فهو ان العلم لن يمكن له بتاتاً ان يتفهم العمليات الحياتية . ويصاغ هـــذا الموقف احياناً في قالب التأكيد بأن المخلوقات الحية لا تطيع قوانين دقيقة. لكننا نعلم حق العلم ان هذا قول هراء لان هنالك دائماً قوانين لكل عملية من العمليات . غير انه يمكن اعادة صياغة هذا التأكيد بالقول ان القوانين التي تتحكم في تصرفـات الكائنات الحية اكثر تعقيداً من طاقة التفهم البشرية. ومع ان هذا قد يكون صحيحاً ، الا انني من جملة الذين يرفضون تصديق ذلك . فلقد توصل العـلم لمعرفة تعليل العمليات الحياتية البسيطة ، ولست ارى من سبب يمنع التقـدم في هذا المجال تقدماً لا حدّ له .

هذان الموقفان المتطرفان كلاهما خطر ، والغريب انهما يتشابهان فيما لهما من اثر تجميد البحث فهما يحولان بيننا وبين البحث عن القوانين البيولوجية. فالآلي المتطرف قانع بالنظريات الموجودة حالياً . بينما نجـــد المتطرف من الحيويين ينكر قدرتنا على العثور على اي شيء من هذا القبيل. وفي اعتقادي ان الحيوي المتطرف أخطر الاثنين بكثير ، ذلك لان الآلي ، في حال اخفاقه خلال عدة قرون، لا بد وان يُقِرّ، في نهاية المطاف، بالحاجة الى التحسين ، بينما يدعونا الحيوي للتخلي نهائياً عن كل أمل في التعليل العلمي للحياة . وهـذا تشكك

ليس من سبيل علمي لتبريره ، فهو تحيّز فلسفي يستند الى الاعتقـاد الخاطىء بأن تفهم العلم للانسان ينتقص من كرامته لانه يساوي بينه وبين الحجر. انه، في اعتقادي ، طراز الفلسفـة الذي يكون له ، لو نجح ، اقبح اثر ممكن في العلم. وانه لمن حسن الطالع الا يكون لهؤلاء المتطرفين من دعاة الفلسفة الحيوية اثر كبير خارج قاعات تدريسهم .

اما النظريات الباقية الاخرى فموقفها بـيْنَ بَـيْن ، فمن الواضح ان الموقفين « أ ـ ٢ » و « أ ـ ٥ » اولهما آلي وثانيهما حيوي ، (بالرغم من ان المتطرفين قد لا يقبلون بهذا التصنيف) . وهذان الموقفان، وان لم يكونا بعيدي الاحتمال مثل « أ ـ ١ » و « أ ـ ٦ » فانهما يظلان ، نسبياً ، قليلي الدعـاة . فالموقف «أ ــ ٢» يحتم علينا الاعتقاد بان تشكيل الفيزياء بمفهومها الحالي كاف لاختزال البيولوجيا ، مع ان هنالك علماء كثيرين يعتقدون بان هذا التشكيل لا يكفي حتى للفيزياء نفسها . وسيكون من المستغرب حقاً ان نصل ، ولو بعد عدة قرون من التقدم السريع في الفيزياء الى نهـاية الافكار الاساسية الجديدة في هذا الميدان .

ان الموقف «أ ــ ٥» هو الذي يسيء اكثر من غيره الى سمعة دعاة الفلسفة الحيوية . فهؤلاء ، مثل درايش (مخترع عبارة « نزعة الكمال ») متهمون بانهم ادخلوا قوة او مادة غامضة جديدة ولا غرض لهم سوى تغطيـة جهلهم . والواقع انهم اذا سُئلوا عن خاصة معينة تتميز بها هذه الطاقة الموجهة فجوابهم سيكون بان هذه الطاقة بالذات هي ما يميز بين الحياة والجماد . هذا يشبه كثيراً تعليل السبب الذي يجعل من المورفين مخدراً (راجع الفصل التاسع) ، والذي يُبيّـن ، في التحليل الأخير ، انه يخدر لان له قدرة التخدير . ويقول

ارنست ناجل[1] ، الذي رجعت في تحليلي الى مقاله الممتع حول هذا الموضوع، ان السبب الرئيسي في كون هذا الطراز من الحيوية قد اندثر يعود الى ما تبين من عقمه بالنسبة الى العلم . هذا ، على الأرجح ، هو العامـــل السيكولوجي الرئيسي ، الا ان هنالك اسباباً منهجية صحيحة لدعم هذا التشكك: فادخال تعبير جديد حيث لم تستبن الحاجة اليه هو أمر لا مبرر له — كما انه يفقد ما قد يكون له من قيمة بسبب وضعه الغامض .

يبقى امامنا الموقفان « أ — ٣ » و « أ — ٤ » ، اي الموقفان « الوسطان» فنجد ان كليهما يقر بأن البيولوجيا ستصبح علماً وان ذلك يتطلب اضافـــة تعابير جديدة على تعابير الفيزياء التي نعرفها اليوم .

ولكن هل نستطيع تحقيق ذلك بواسطة تعابير فيزيائية جديدة ، ام ان الامر يتطلب استعمال تعابير بيولوجية على وجه التحديد ؟ هذه، بالنسبة الي ، هي اكثر صياغة معقولة لما نحن بصدده من خـــلاف . ويورد ناجل هـــذه المشكلة على انها محاولة لتعليل تصرفات الكائنات بواسطة تصرف اجزائهـا ، وذلك بالاستناد الى معرفتنا بكيفية تركيب الكائن من هذه الاجزاء . فالكائن البشري مركب من جزيئات مختلفة وعلى نمط معين ومحدد . امـــا تصرفات الجزيئات فهي بحسب قوانين فيزيائية (او كيميائية) اذن هل يمكن لنـــا ان نستنتج منها قوانين الكائن البشري ؟ لقد اخذنا بعين الاعتبار فيما سبق مـــا يمكن ان يدخل على القوانين الفيزيائية من تحسين بمـا في ذلك تعابير اساسيـة اكثر نفعاً. غير ان هنالك حداً يجب ان يقف التحسين عنده اذا اردنا للمشكلة الا تفقد معناها .

---

١ — Ernest Nagel

لنفرض انني احاول تفسير السبب الذي يجعل كائناً كهذا قادراً على التوالد؟ أيمكن لي اعتبار القول ان «الجزيئات التي تتلاقى بهذا الشكل بالذات تستطيع التوالد » هو قانون من قوانين الفيزياء ؟ طبعاً لا ! فالعبـــارة « تتلاقى بهذا الشكل بالذات» انما تصف خاصة بيولوجية. لذلك نكون قد حققنا الاختزال الى الفيزياء ولكن بعد ان لجأنا الى الحيلة لجعل البيولوجيا جزءاً من الفيزياء . وتتماثل هذه الحيلة مع الوضع التالي : لنفرض ان احداً ادعى انه ما من وسيلة لادخال نظام العدد الى لغة قبيلة بدائية معينة (وبعض هذه القبائل لا تعرف العد لاكثر من الرقم «٣») فانه يمكن لي ان « ابرهن » على خطأ هذا الادعاء بقولي « ثلاثة زائد واحد ، ثلاثة زائد واحد زائد واحد » الخ ... ولكنني اكون عند ذاك قد غيرت اللغة البدائية بادخالي نظام العدد اليهـا ، ولو كان ذلك بشكل اولي جداً .

ولا شك في ان « تاجل » مصيب حين يقول بأن كثيرين من دعاة الفلسفة الحيوية مدفوعون باعتقاد ان لكلية الاشياء خاصات لا يمكن تعليلها بواسطـة خاصات اجزائها (مهما يكن المعنى المقصود بهذا بالضبط). اما اعتقادي فهو انه سوف يتوجب التوصل الى قرار نهـائي حول النظريات البيولوجية وهل هي تتطلب دائماً تعابير لا يمكن لنا ان نسميها فيزيائية ، اي بكلمة اخرى هـل الموقف الصحيح هو « أ — ٣ » او « أ — ٤ » .

من الصعب جداً، في كثير من الحالات، ان نصل الى هكذا قرار. فلكلمة « آلية »، مثلاً ، تاريخ مليء بالعبرة . لقد كان الفيلسوف والرياضي الافرنسي رينه ديكارت [1] أشهر داعية ، في الاغلب، لهذه النظرية — اذ كان اعتقاده

---

١ — René Descartes

ان العلوم جميعها قابلة للاختزال لتعابير الفيزياء . وقد صادف ان كانت الميكانيكا في زمانه الفرع المحترم الوحيد في الفيزياء ـ فقال بالاختزال الى الميكانيكا . ان الفيزياء قد حققت توسعاً كبيراً منذ ذلك الزمن ـ الا اننا لا نزال نسمع ان مشكلة اختزال العلوم الى الفيزياء ما برحت هي نفسها قائمة . الا ان المشكلة لم تعد هي ذاتها ـ لان الفيزياء اليوم لم تعد صنواً للميكانيكا. فالنظرية الكهرطيسية ، مثلاً ، التي حاول العلماء بادىء الامر اختزالها الى الميكانيكا ، معترف بها اليوم كفرع مستقل قابل ، هو ايضاً ، للاختزال الى الفيزياء . فاذا ظلت الامور سائرة في هذا الاتجاه وادخلت كل مجموعة من النظريات الاصيلة في صلب الفيزياء ، فان الموقف « أ ـ ٣ » هو الذي سيسود اكثر من «أـ٤» لانه مهما تكن المفاهيم الجديدة التي ندخلها ـ فاننا سندعوها فيزياء اذا كان النجاح حليفاً لها .

ولنا ان نحاول القول بقبول تغيير بسيط وبرفض ادخال اي تبديل متطرف في التعابير الى هذه النظريات . وسأذكر ، على سبيل المثال ، حالتين مشهورتين للدلالة على ان هذا امر غير مقبول به . فالنظرية العامة في النسبية (وما يعود منها لنظرية التجاذب بوجه خاص) احتلت مكان نظريات نيوتن . انها تشمل المجال نفسه بشكل عام ، اي الميكانيكا وقانون التجاذب ، الا ان المفاهيم ههنا جديدة بكليتها . فالنظرية الجديدة لا تلجأ الى مفهوم القوى ، بل تشكل قانوناً يحدد هندسة الكون . اما نظرية اينشتين الأخيرة اي نظرية المجال الموحد ، فهي توحد بين هذه الفروع وبين النظرية الكهرطيسية (ولسنا ندري اذا نجحت في ذلك، الا ان الامر لا يهم بشأن المثل الذي نحن بصدده)، مع ان لغتها لا تختلف عن لغة النظرية الاولى الا في تعديل رياضي بسيط هو

انها تسمح بوجود كميات ممتدة لا متماثلة[1] بدلاً من القول بكميات ممتدة متماثلة . وهذا امتداد ذو صبغة رياضية بحتة بحيث لا يوجب اعتباره « ادخال تعابير جديدة» ، بالرغم من انه يمكن من اضافة « فرع جديـــد من فروع العلم » . فكيف يمكن لنا ان نقيم الحد الفاصل ؟

قد يكون الفرق فرقاً تجريبياً – اي فرقاً ليس في محتوى النظرية بل في خير الطرق المؤدية للعثور عليها . فدعـاة الفلسفة الميكانيكية يقولون اننا لو درسنا المادة الصماء (وهي أسهل متناولاً) لمدة كافية وبالعناية اللازمـة فاننا سنعثر على نظرية تناسب جميع الظاهرات . اما الداعية الى الفلسفة الحيوية ، بالمقابـل ، فانه يؤكد بان القوانين الحقيقية ستظـــل تفلت منا طالما اعتبرنا الكائنات الحية على انها آلات . وآرائي من وجهة النظر هذه وحدهـا فقط ، تقف في صف الحيويين . ان الافضل هو في اتبـاع النهجين ، لا الاقتصار على نهج الفيزيائي وحده . والواقـع الذي تجب ملاحظته ان العدد القليـــل من النظريات التي نعرفها في البيولوجيا اليوم، بما في ذلك اربـع نظريات في النشوء والارتقاء ، تحتوي جميعها على تعابير لم تؤخذ من نظريات الفيزياء .

وقد يكون في ما سبق اشارة الى ما يلي على انـه اكثر الحلول احتمالاً : سوف نجد نظرية ذات تعابير جديدة تشمل المجالين ، وتتبدى فيهـا الطبيعة الصماء كأبسط حالة متطرفة لهذا القانون . وعندها تصبـح القوانين الفيزيائية الحالية قابلة للاستنتاج وربما بشكل محسن، على انها تنطبق على حالات بسيطة كهذه . هذه هي العلاقة التي وجدت ، على سبيـــل المثال بين نظرية نيوتن ونظرية غاليليو التي كانت تتعلق بالسقوط الحر . فاذا تم ذلك فسأجد فيه ما

---

١ – Nonsymmetric tensors

يغريني بالقول ان الفيزياء قد اختزلت الى البيولوجيا وليس البيولوجيا الى الفيزياء . وعلى كل فلست متأكداً البتة ان تتم الامور على هذا النحو ، الا انني متأكد الى حد كبير انه مهما كان شكل النظرية الاختزالية، فان كلا من الفيزياء والبيولوجيا سيدعي انها تخصه ، فينتهي الخلاف الكبير نهاية حسنة اذ يغدو كل من الطرفين مقتنعاً انه كان منذ البداية على حق .

١٣ العقل

فرغنا لتونا من معالجة المسألة العويصة هل ثمة ما يميز اطلاقاً بين الحياة والجماد . ولكننا نرى الآن ان متاعبنا لا تزال في بدايتها ، ذلك لان علينا الآن ان نطرح السؤال التالي : « ما الذي يُميّز مجرد الكائنات الحية عن المخلوقات المفكرة العليا » .

التقسيمات التقليدية

يمكن لنا ان نقسم الاجوبة الفلسفية المعتادة الى زمرتين رئيسيتين : (١) الاجوبة التي لا تقول بوجود اختلاف اساسي بين العقل والمادة ـ اي الاجوبة الوحدانية[١]. (٢) الاجوبة التي تؤكد وجود تمييز اساسي بينهما ، اي الاجوبة الازدواجية[٢].

ولننظر بادىء الأمر في الحلول الوحدانية . فاذا كان العقل والمادة لا يختلفان بالفعل فان العقل عندئذ يكون احد الاشكال الخاصة للمادة (كمادة

١ — Monistic
٢ — Dualistic

دقيقة التنظيم ، مثلاً ، تتصرف بشكل معين) او تكون المادة نتاجاً ثانوياً للعقل ، او يكون ثمة مادة اساسية يشكل العقل والمادة مظهرين مختلفين من مظاهرها . ويرى برتراند راسل هذا الرأي الاخير ، مؤكداً ان الحوادث تبدو مادية اذا نظرنا اليها من زاوية معينة ، وعقلية اذا نظرنا اليها من زاوية اخرى .

اما اذا كان المرء من دعاة الفلسفة الازدواجية ، فانه يقول بأن العقل والمادة شيئان مختلفان تماماً ، مع العلم انه قد تكون ثمة علاقة بين الاثنين عن طريق روابط سببية ، او قد يكون الاثنان منفصلين بشكل واضح ، الا انهما متواقتان كتواقت ساعتين مختلفتين .

ويؤدي بنا كل هذا الى وجهات نظر خمس ـ اثنتان منهما ثنائيتان وثلاث وحدانية هي المادية[١] والمثالية[٢] والوحدانية المحايدة[٣]. وغني عن القول ان كلاً من هذه المواقف الخمسة قد وجد من يدافع عنه في حين او في آخر. وظني انه بالامكان مع شيء من العناية، ان يصار الى تصنيف جميع الفلاسفة في احدى هذه المدارس الخمس ـ وان كان اكثرهم يعترض على ذلك نظراً للاختلافات الدقيقة التي تميزهم عن جميع المفكرين الآخرين !!

وهنالك مشاكل تنفرد بها كل هذه المدارس . والواقع ان الداعية لاحدى هذه المدارس مستعد لدحض جميع المواقف الاخرى. فعلى الوحداني ان يفسر السبب الذي يجعل هذين النوعين من الاشياء يبدوان بهذا القدر من الاختلاف

---

١ — Materialism

٢ — Idealism

٣ — Neutral Monism

اذا كانا في الاساس شيئاً واحداً . فاذا كانت المادية على حق فلماذا تبـــدو الافكار مختلفة بهذا القدر عن التفاح والنجوم وحتى عن الجسم البشري؟ واذا كان المثالي على صواب ، فان التفاحة ليست الا فكرة في ذهن احد النـاس . ولكن هل يختفي التفاح من الوجود في هذه الحـال اذا لم يعد ثمة أذهان ؟ وهنا يتقدم القس باركلي بحل بارع اذ يقول بان التفاح يظل موجوداً لانه فكرة في ذهن الله . هذا الجواب من اكثر الاجوبة ابتكاراً في تاريخ المشكلة برمته، غير ان الكثيرين وجدوا من الصعب عليهم ان يتصوروا ما يمكن ان تكونه فكرة في ذهن الله . اما الوحداني المحايـد فيعرض نفسه لهجمات اقرانـــه الوحدانيين الذين يتهمونه بانه ثنائي متخف بينما يتهمه الثنائيون بانه وحداني.

ولا تعترض الداعية الى الفلسفة الثنائية اي صعوبة في تعليـل الفروق بين العقل والمادة. ولكن كيف يمكن لهما ان يتفاعلا اذا كانا مختلفين تمام الاختلاف؟ كيف تكون لنا فكرة عن التفاحة ؟ وبالمقابل ، كيف يمكن لهذه الفكرة ان تؤثر فينا فنلتقطها ؟ من السهل علينا ان نقول بان ثمة تفاعلا سببياً ـ ولكن كيف يكون هذا بين اشياء بينة الاختلاف بهذا الشكل ؟ اما بالنسبة للحل الذي يشبه العلاقة بين العقل والمادة كساعتين متواقتتين ، أيعقل ان يقبـــل احد بالادعاء الوهمي بان هذين العالمين مستقلان تماماً ومتواقتان بمحض المصادفة؟ (مع تقديم اعتذاري الى لايبنتز[1] والذين تبعوه ممن يقبلون بهذا) .

ولنتفق الآن فنضع هذه الخلافات جانباً قبل ان يرفع القـارىء يديه يأساً من هذه البلبلة التي لا طائل تحتها . ان المشكلة التي تهمنا ها هنا هي مـا يستطيع العلم ان يُنبئنا به حول طبيعة العقل والعلاقة بينه وبين المادة .

---

١ ـ Leibnitz

ان العَالِم العادي المشتغل بعلمه هو انسان مادي .

علينا ان نفهم هذا القول بالمعنى الذي شرحناه اعلاه وليس بالمعنى المختلف كلياً الذي يضع قيمة الاشيـاء المادية فوق كل ما سواها ، (واكثر العلماء براء من ذلك) الحقيقة هي اننا نعني انهم وحدانيون يعتبرون الامور العقلية متفرعة من العالم المادي .

ان كون الانسان وحدانياً يبدو امراً طبيعيـاً كفرضية عملية . فلماذا يتوجب علينا الاقرار بفارق أساسي عندما لا نكون مجبرين على ذلك ؟ لقد تبين ان كثيراً من وجوه التمييز الاساسية هي وهمية ، كالتمييز مثلاً بين المادة والطاقة ، بل في الوسع اقامة الدليل على ان هذا التمييز يشكل، منذ البداية، خرقاً لقاعدة التبسيط . لذلك فلنحاول اولاً تعليـل جميع الظاهرات دون ان نعترف بوجود هذا التفريق ثم نعود فنقر بوجوده عندما نجد ان محاولتنا الاولى قد اخفقت .

واذا أُقرّ القول ان للعالِم الحق، او الواجب ربما ، ان يكون وحدانياً، فمن الواضح انه سوف ينحو نحو المادية . فهو قد أصاب أوفر النجاح في عالم المادة ، لذلك فسيحاول تفسير العقل على انه ظاهرة شديدة التعقيـد تتأتى بوجود المادة العالية التنظيم .

ولنقطع الآن حبل التسلسل الفكري هذا فنقارن بين هذه المسألة والمسألة السابقة (اي مسألة الفلسفة الحيوية) فنجد ان المشكلة هنالك ايضاً كانت بأن نقرر هل لزام علينا الاقرار بتقسيم اساسي . كذلك وجدنا ان الموقف العلمي

السائد كان ميكانيكياً كما كان ضد التقسيم. ولنا، حتى، ان نحاول دمج المسألتين فنقول بأن من المعقول للثنائي ان يكون حيوياً. واذا اقررنا بأن العقل يختلف اختلافاً بيّناً بشكل ما عن المادة ، فعلينا القول بأن الاشياء الحية تختلف عن الاشياء التي لا حياة فيها . غير انه يمكن للمرء ان يكون حيوياً دون ان يكون ثنائياً فيحاول تعليل تصرفات العقل من خلال تصرفات الاجسام الحية. لذلك فثمة في المقام الاول ، العالم المادي الذي يؤمن بأن هنالك موضوعاً موحداً للعلم لا يعترف بأي انقسام واضح. ثم هنالك ثانياً، الداعية الى الفلسفة الحيوية الذي يصر ان الحياة تختلف في اساسها عما سواها . وهنالك ، ثالثاً ، داعية الى الفلسفة الثنائية الذي يتطلب ، بالاضافة ، ان تختلف الظاهرات العقلية عن سواها من ظاهرات الحياة . وعليه فان هذه المواقف الثلاثة تتميز بأنها تقول إما بعدم وجود اي تقسيم بين العقل والمادة ، او بتقسيم الموضوع الى قسمين او ثلاثة اقسام .

واذا نحن عدنا الآن الى المعالجة العلمية لمشكلة العقل نلاحظ أنه يتوجب على الموقف المادي ان ينظر الى العقل على انه آلة شديدة التعقيد ، ويُقرّ ان اي آلة معقدة الى الحد المطلوب قادرة على التفكير . فلنتحرّ اذن هذه الفرضية .

الآلات المفكرة

ربما كان اكثر العوامل مغزى في تطورات الانسان الاخيرة ظهور اولى الآلات المفكرة الجيّدة . لقد صممت هذه الآلات للقيام بالعمليات الحسابية المعقدة ، الا انها وصلت الى مرحلة غدت معها اكثر بكثير من مجرد آلات حاسبة .

ان هذه العقول الميكانيكية الجبارة هي آلات حاسبة ممتازة علاوة على مزاياها الاخرى فهي تستطيع القيام بأربعة آلاف عملية ضرب في الثانية الواحدة ، وبدقة عالية واحتالية ممتازة بألا تخطىء بتاتاً خلال هذه السلسلة من العمليات الصعبة . ويمكننا ادراك ضخامة هذه الثورة لدى المقارنة بين هذه السرعة وسرعة بعض الاجهزة الحديثة الاخرى . فمنذ زمن ليس ببعيد كان العالم يعرب عن اعجابه بالآلة الكهربائية الحاسبة التي على مكتبه وامتنانه لهذا الجهاز الموفر للجهد. اما اليوم فان الدماغ الاليكتروني ينجز في شهر ما كان يتطلب الدماغ البشري آلاف السنين بمعونة الآلة الحاسبة الكهربائية الصغيرة، وغدت المسائل التي لم نكن نجرؤ على معالجتها منذ عشرين سنة مهامّ عادية اليوم.

ويبدو ان التقدم في مجال الادمغة الاليكترونية سيكون سريعاً الى حد ان المعلومات التي نوردها هنا ستصبح قديمة العهد حين صدور هذا الكتاب . وليس ثمة شك في ان خدم الانسان هؤلاء سوف يحلون محله في القيام بآلاف من المهـام تمتد من البحوث الجامعية الى عالم الاعمال والقوات المسلحة لتنتهي بالتنبؤ بحالة الطقس ونتائج الانتخابات .

وبالرغم من ان هذه الآلات تمتاز بدقة حساباتها ، الا انه من الخطأ ان ندعوها مجرد آلات حاسبـــة . فالآلات في الماضي قد صنعت لتؤدي اعمالاً محددة تبلغ في كفايتها اعلى ما بلغته التكنولوجيا في ذلك العصر. أما الآلات الحالية فهي اول ما يمكن ان ننعته «بآلات عامـة الاستعمالات» وهذا يعني انه باستطاعتها القيام بأي مهمة يتمكن القائم البشرى عليها من اعطاء التعليمات الدقيقة بشأنها (اي بشأن المهمة) . واذا استطاع معاون ذكي ان يتوصل الى النتيجة المرغوبة بعد تتبعه لتعليماتنا بدقة ـ فان الامر هو كذلك ايضاً بالنسبة للآلة المفكرة ـ ولكن بسرعة اكثر وقدر من الخطأ لا يكاد يذكر .

ونحن الآن في مراحل ادراكنا الاولى للقدرة الكامنة في الآلات الحاسبة التي صنعت بالفعل. نحن نستخدمها لغربلة مقادير هائلة من المعلومات والتوصل منها الى استنتاجـات . كذلك فهي تستعمل لمراقبـة اعمال البشر وتوجيه انظارنا الى مختلف الاخطاء كما يمكن استخدامها للقيـام بتكهنات تتطلب الذكاء ، كالحين الذي استعملت فيه لترجمة مخطوطات البحر الميت وغيرها من الوثائق القديمـة ، ولتزويدنا بالكلمات التي لم نستطع قراءتها لامحائهـا او انطماسها بفعل الزمن. وعندما غدت عملية تهيئة التعليمات عسيرة جداً بالنسبة للذين يعملون على هذه الآلات ، فان هذه الآلات نفسها استعملت في تهيئة تلك التعليمات. وهذه الآلات الآن تهيأ لآلاف المهام التي تفوق أعز اماني الذين قاموا بتصميمها .

من الصعب علينا ان ننكر ان كثيراً من هذه المهام يمكن ان يسمى تفكيراً، وعلى مستوى رفيـع ، حين يقوم بها بنو البشر . واذا تناهى الينا ان شخصاً معيناً من الذين يمارسون لعبة الشطرنج قد اخذ يحسن طريقة لعبه بسرعة او انه يتعلم كيف يقيم البرهان على صحة الافتراضات الرياضية ، او يتلاعب بالمعقد من الافكار ، فاننا نهنئه على استيعابه العقلي. ولاننا عندما ندرك ان هذا «الشخص» هو من صنع الانسان ، وانه ليس الا مجموعة من الاسلاك والصمامات الاليكترونية الخ ... فانه يغدو من الصعب علينا ان ننقض رأينا الاول . فاذا كان بمقدور الآلات ان تؤدي جميـع هذه المهام التي تربطهـا بالتفكير البشري ، افنكون نحن انفسنا اكثر من مجرد آلات ؟

المنفذ السهل من نعتِنا بأنـنـا « مجرد آلات » هو القول بأنـنـا نعي وان الآلات لا وعي لها . وليس ثمة شك في ان هذا معقول الى حد كبير، الا انه من الصعب ان نضفي على هذه الفرضية تبريراً عقلانياً كاملاً . لنفرض اننـا

قابلنا مخلوقات غريبة من عالم آخر ، فكيف يتسنى لنا ان نحكم في هل هي قادرة على التفكير الواعي أو لا ؟ سيكون حكمنا عليها مستنداً الى تصرفاتها ، بالطبع. اذن لنفرض انه قد صنعت آلة استطاعت اجتياز جميع الاختبارات، فهل نظل نحكم بانها لا تعي ؟ ان كتاب الروايات العلمية قد اقاموا الحجة على انه في الوسع اعتبار الانسان الآلي مخلوقاً واعياً. وطالما ان الآلة قد بنيت على شكل يوافق فكرتنا عما يجب ان يكون عليه مظهر الكائن السامي ، فانه من المتوقع لنا ان نتقبل هذا المخلوق على اساس تصرفاته. وعندما «ينكشف» سر هذه الكائنات في الروايات العلمية يكون مرد ذلك الى انها كاملة لا خطأ فيها . الا ان هذا امر يمكن تلافيه ، ذلك لانه ليس من الصعب صنع آلات تقلد نواحي الضعف في الطبيعة البشرية كما تقلد نواحي القوة فيها . والواقع اننا قد رأينا مخلوقات من صنع الانسان تتصرف وكأنها اصيبت بانهيار عصبي.

اذا كان لا بد من أساس عقلاني لتفوقنا على الآلات فيجب ان يستند الى امكاننا القيام بتصرفات معينة ليس بمستطاع الآلات ان تقوم بها . ولدينا ، في الوقت الحاضر على الأقل ، متسع كبير لهذا الادعاء .

عندما نتفحص احد هذه الأدمغة الميكانيكية ، يدهشنا حجمها وتعقيدها الظاهر . الا ان هذا انطباع اولي مضلل، ذلك لانه لا سبيل للمقارنة بين هذه الآلات وبين الدماغ البشري سواء افي التعقيد ام في الكفاية [1] فبينما تتشكل الآلة الحاسبة من عشرات الوف الأجزاء ، نجد ان الدماغ البشري مؤلف من مليارات الخلايا . وليس ثمة مهندس اليكتروني استطاع ان يماثل البراعة والابتكار اللذين يتجليان في طريقة ترابط هذه الخلايا بعضها ببعض . صحيح

---

١ — Efficiency

اننا لا نستطيع مجاراة السرعة أو الصحة في الآلة الحاسبة عندما نقوم بضرب عددين يتألف كل منهما من عشرة أرقام الا ان هذه العملية تشكل هدف هذه الآلة الرئيسي ، لا هدف دماغنا نحن . كذلك فثمة مهمات عديـدة نقوم بها بشكل طبيعي ولا ندري كيف يمكن لنا ان نجعل هذه الآلات تقوم بتأديتها.

علينا ان نقر بان المهمة التي تقوم بها بحسب قواعد صارمـة وخطوة بعد خطوة انما هي مهمة اكثر ملاءمة للأدمغة الاصطناعيـة وهذا يترك لنا كلية مجال الحدس والتبصر والتكهن الملهم . ولقد أدى تقـدم العلم الى أمر يؤسف له ، هو ميلنا الى التقليل من قيمة هذه النشاطـات « غير العقلانية » . ووجه السخرية في هذا ان النشاطات غير العقلانية هذه هي من صلب العلم . فعملية الاستقراء كلها ، وبالتالي تشكيل النظريات العلمية ، هي من هذا الصنف .

والكائنات البشرية القدرة على حل المشاكل بواسطـة عمليات مختصرة لا يستطيعون تفسير طبيعتها . هنالك ، مثلاً ، عالم الرياضيات الذي يصادفـه امران متشابهان يتكهن على اساسها بنظرية عظيمـة الشأن ، بينما تمر به مئة حادثة مشابهة فيعتبرها جميعاً مجرد مصادفة . وهنالك الطبيب الذي يعتمد في تشخيصه لمرض نادر على عمليات لا يجرؤ على بحثها مع جماعة من علماء الطب ، أو الأم التي تشعر بغريزتها ان الخطر يتهدد طفلهـا . وبينما تعود اكثر هذه الحوادث الى المصادفة المحض الا ان البعض منها مسبب ، لا شك ، عن عملية تفكيرية اكثر دقة من ان نستطيع وصفها أو تحليلها .

ولنأخذ عملية التعلم للتمثيل على الفروق الممكنة بين الانسان والآلة . ان أكثر عمليات التعلم بدائية هي الاستظهار[1]. فنحن نبدي اعجابنا ببعض الناس

---

١ — Memorization

« لمعينهم الواسع من المعرفة » ، (الذي غالباً ما يعني انهم موسوعة تسير على قدمين) . ثم نمنحهم آلاف الدولارات كجوائز في البرامج المتلفزة . فاذا كان الامر كذلك حقّ لنا ان نعبر عن اعجابنا العميق لاجهزتنا الاليكترونية لانها تستطيع ان تستظهر محتوى كتاب عادي في مدى ساعة من الزمن، وتستطيع بسرعة البرق ان تعيد على مسامعنا اي مقطع منه في اي وقت في المستقبل . انه لمن المؤسف حقاً ألا يسمح للادمغة الميكانيكية بأن تشترك في برامج مسابقات المعرفة العامة .

الا ان اكثرنا يقر بأن تعلم الحقائق يقع في مرتبة أدنى من تعلم كيفية صنع الأشياء . ونجد ، حتى في هذا المجال ، فروقات بينة في التعلم. وأبسط الطرق هي التجربة والخطأ . حيث يكون لنا هدف معين يمكننا التعرف عليه حين بلوغه ، فنحاول ولوج عدة طرق توصلنا اليه الى ان نهتدي الى الطريق الصحيح . ان النزر اليسير من التعلم في المدرسة انما ينقضي في حيازة خبرة الجنس البشري السابقة التي تأتت نتيجة للتجربة والخطأ . غير ان هذا امر تؤديه الآلات بشكل ممتاز . وهنالك تجارب بارعة يجري وضعها الآن تتعلم الآلات فيها كيف تؤدي العديد من المهام بما في ذلك لعب الشطرنج، بواسطة وسيلة التجربة والخطأ . لذلك لا نستطيع النكران بأن الآلات قابلة لبلوغ مستوى معتدل من التعلم .

ها نحن اذن قد وضعنا الآلة على نفس المستوى لا مع المشتركين في برامج مسابقات المعرفة العامة فحسب بل مع تلميذ الثانوية العادي . اما التلميذ النجيب فانه يسبق اقرانه والآلات المتوفرة حالياً بمراحل بعيدة ، فيستحوذ على « تبصر »[1] غامض يمكنه من التعلم بطريقة أسرع وأقل هدراً للجهد .

---

١ — Insight

وقد لا يؤدي ذلك به دائماً الى النجاح ، الا ان النجاح الذي يصيبه هو أخاذ في بعض الاحيان . فقد يلقي بنظرة واحدة على مشكلة ما ويتقدم بالاجابة عليها بسرعة .

ان امكان تعليم الآلات هذا الطراز من التكهن الملهم أمر فيه جدل . فاذا كان ذلك ممكناً فستكون لدينا آلات تبدو آلاتنا الجبارة الحالية امامها وكأنها لعب اطفال صغار . واذا ما تمكنت الآلة من ان تجمع بين مقدرتنا المدهشة على اختصار عمليات التفكير مع مقدرتها الحالية على التفصيل والتثبت من صحة الحلول المفترضة فانها تستطيع ان تفوق التفكير البشري في جميع الميادين . اما هل هذه المرحلة ممكنة البلوغ فامر يتوجب ترك باب البحث مفتوحاً فيه .

يبقى أمامنا الآن منحىً جدليٌّ اخير يجب ان نتفحصه . فثمة نتائج أخّاذةٌ للرياضيات الحديثة برهن على صحتها العالم الرياضي النمساوي ك . جودل[1] في العقد الرابع من هذا القرن وتوسع فيها العالم الرياضي الامريكي أ . تشرتش[2] ، وقد تبين ان لهذه النتائج مغزى فلسفياً ملحوظاً . وقد قام عالم الرياضيات الانجليزي أ . م . تورينج[3] ، بصياغة هذه النتائج بما يتلاءم مع طبيعة الآلات الحاسبة، وبشكل نعبر عنه بما يلي: بمقدورنا ان نتقدم بتعريف عام لماهية الآلة ، ويكون هذا التعريف عاماً بشكل يجعله يشمل كل ما خطر لنا ببال لغاية الآن، ويجعل من الصعب علينا ان نصنع آلة تخرق هذا الوصف فاذا اعطينا آلة كهذه فانه بمقدورنا دائماً ان نجد مسألة من النوع الذي يمكن

---

١ — K . Godel

٢ — A. Church

٣ — A. M. Turing

لها ان تستوعبه ولكن دون ان تستطيع حلها. وسيكون هنالك بالطبع آلة أفضل من الاولى تستطيع حل تلك المسألة ، غير اننا نستطيع ان نطرح عليها سؤالاً اصعب لا تتمكن بدورها من الاجابة عليه . وتدل هذه النتائج بشكل قاطع ان هنالك حداً تقف عنده كل آلة يمكن ان تخطر لنا ببال . غير انه من المشكوك فيه ألا يستطيع الكائن البشري حل جميع هذه المسائل اذا هو اعطي الوقت الكافي لذلك .

هذه هي الحقائق ، فما هو الاستنتاج الفلسفي الذي يمكن لنا استخلاصه منها ؟ الامكانية الاولى هي القول باننا في الواقع نختلف اختلافاً اساسياً عن الآلات . فلا شك ان مظهرنا يختلف عن مظهر الآلات التي ينطبق التعريف عليها. ولكن الا توجد آلات لم تخطر لنا ببال وتتعدى حدود ذلك التعريف. فاذا كان الجواب بالايجاب فلسنا نعرف ما يمكن لهذه الآلات ان تكونه ، بل من المعقول لنا ان نفترض بأن آلات كهذه اذا وجدت بالفعل ، فانها تحتوي على جذوة الحياة بشكل من الاشكال . واذا نحن استطعنا صنع آلات تتخطى الحد الذي ذكرناه ، فقد يتوجب علينا ان نستنتج اننا خلقنا بأيدينا حياة عاقلة .

الا انه من الاجدى لنا،بدلاً من الجدل في هذا الامر،ان نطلق تسمية الآلة على كل ما تصنعه يد الانسان ثم نعيد السؤال نفسه ، اي : هل نحن آلات ؟ وعندها يكون سؤالنا : أنستطيع ان نكوّن اصطناعياً مخلوقاً عاقلاً ؟ لقد تبين من البحث الجاري ان على هذا المخلوق ، في أقل تقدير ، ان يُصنَّعَ بشكل يختلف عن اي شيء جرت به مخيلتنا الى الآن ، وان هنالك فراغاً هائلاً في معرفتنا بالرغم من هذه الألاعيب « المفكرة » المبتكرة. لذلك فأمر الجواب متروك لعلم المستقبل ، او ربما لعلم السنين المليون القادمة .

كل بحث في العلاقة بين العقل والجسم يتجاهل مشكلة الارادة الحرة هو بحث معرض للنقد الشديد. هل نحن احرار حقاً في تقرير ما نريد ام ان الامر كله خيال ؟

أراني ، كلما فكرت في البراهين المشهورة لانعدام الارادة الحرة ، أتذكر النكتة التالية عن مزارع اصطحب معه ولده الى حديقة الحيوانات في المدينة، فكان فضول الولد يدفعه لسؤال ابيه عن اسماء الحيوانات الغريبة التي يمر امامها، فكان الامر صعباً بالنسبة للاب لانه لم يكن يعرف القراءة وكان عليه بالتالي ان يستنبط الاسم من عندياته . ولم تكد مخيلة الأب تفرغ حتى شاهد الولد زرافة فسأل اباه « ترى ما نوع هذا الحيوان ، يا أبي ؟ » فاذا الاب يمعن التفكير ويحدق في الزرافة بدهشة متزايدة ثم يلتفت الى ابنه ويقول « ليس هناك حيوان بهذا الشكل يا ولدي » .

ولن يستطيع ، في التحليل الاخير ، اي مقدار من الجدل البارع، المعقد، الغامض ، ان يقنع أياً منا انه لا خيار له في تقرير استعمال يده اليمنى او اليسرى لحك اذنه . فالواقع اننا نتخذ قرارات حرة كل يوم ، وان دور العلم هو ان يفسر هذا الواقع لا ان يبرهن العكس .

ما هي المشكلة اذن؟ تدعي احدى الحجج انه لا يمكن لارادتنا ان تكون حرة طالما ان الكون نفسه مسيّر. فاذا كان المستقبل قد تحدد قبل، فكيف يمكن لاختيارنا المفترض ان يؤثر فيه ؟ لقد شغلنا هذا النوع من الحتمية في الفصل الحادي عشر فقررنا ان الامر هو مشكلة وهمية نتجت عن سوء التفهم لطبيعة القوانين العلمية . وبالامكان ان نعيد سكب الحجة بقولنا انه لا يمكن

ان يكون لنا اختيار حر لأن قانون الطبيعة يبيّن من الآن النتيجة التي سيؤدي اختيارنا اليها . فاذا كانت النتيجة «مقدرة» فليس لنا خيار حر فيها . الا ان هذا القانون ليس بالشيء الذي يقيّد ، بل هو وصف بسيط لجميع الحـــادثات الماضية والحاضرة والمستقبلة ، ومن بين الامور التي يصفها هذا القانون الطريقة التي نختار بها . وهذا هو السبب الوحيـد الذي يوجب على قرارنا ان يكون منسجماً معه (اي مع القانون) وقد يكون صحيحاً بالمقدار نفسه (ولربما أقل تضليلاً) لو قلنا بأن قانون الطبيعة يتوقف على اختيارنا بدلاً من ان نقول العكس.

لقد رأينا في الفصل الحادي عشر ان المشكلة الوهمية التي تثيرها الحتمية ، وثيقة الارتباط بمشكلة واقعية جداً هي مشكلة قابليـة التكهن ، التي تشكل قالباً معقولاً أكثر من الحتميـة لمشكلة الارادة الحرة . فمن المفترض عموماً ان العالم ، يستطيـع ، اذا كان يعرف ما فيه الكفاية عن شخص ما ، ان يتكهن بتصرف ذلك الشخص في ظروف معينة . فاذا كان بمقدور انسان غريب ان يفعل ذلك ، فكيف يمكن لنـا القول بأن لنا الخيـار في أمرنا بحق ؟ كيف تكون لنا حرية الاختيار اذا استطاع العالم ان ينبئنا مسبقاً بما سوف نختار ؟

من المشكوك فيه ، اولاً ، ان التصرفات البشرية قـابلة جميعها للتكهن . ولكن لنؤجل البحث في هذا الامر الى الفقرة التالية ، ولنفترض ، جدلاً، ان تصرفاتنا قابلة للتكهن . فاذا كان باستطاعة العـالم بالرغم من انه يراقبنـا من الخارج، ان ينبئنا بما سنفعله، فان الأمر يغدو عندئذ مدعاة للعجب. الا ان هذا ليس ما نقول به ، فالتأكيد ههنا هو بأنه اذا توافرت للعالم جميع المعلومات اللازمة عن تكويننا الحسي وماضي حياتنـا ، واذا استطاع معرفـة جميع العوامل الداخلية والخارجية التي تؤثر في قراراتنا ، فانه يستطيع ان يتكهن بالنتيجة .

رأينا في الفصل التاسع ان التكهنات تتطلب معرفة جميع المعلومات العائدة الى عملية معينة، هذا بالاضافة الى وجود النظريات التي يتطلبها الامر. لذلك، وحتى لو كان دعاة الفلسفة المادية على حق في افتراضهم بأن العمليات العقلية ليست الا عمليات عصبية، حتى لو كانت هذه النظريات معروفة كلها، فانه يظل على العالم ان يلمّ بالمعلومات الاساسية — الداخلية منها والخارجية، ويكون عند ذاك قد توصل الى معرفة جميع الحقائق التي نعرفها والى الاحاطة بالعمليات التي نتبعها في اتخاذ قراراتنا (ولا ننسى اننا نفترض صحة الموقف المادي ههنا، اي ان معرفتنا بدماغنا تعني معرفتنا لعقلنا)، لذلك فلن يكون مدعاة للعجب انه يستطيع ان يتكهن بالفعل.

انا، مثلاً، اعرف اعز صديق لي معرفة جيدة. ومن الممكن جداً ان يكون باستطاعتي ان اتكهن بقراراته بقدر عال من الدقة. أيعني هذا انه لم يكن له خيار حر في أمره؟ انا لست احتاج في تكهني، حتى الى معرفة جميع الحقائق المتعلقة بالامر أو النظريات البعيدة المدى، بل كل ما تطلبه الامر مني هو شيء من التخمين المصيب المستند الى خبرة سابقة. ما هو التكهن العلمي في التحليل الاخير ان لم يكن تخميناً مصيباً يستند الى سابق خبرة؟ فاذا نظرنا الى الامر من هذه الزاوية فانه يبدو وكأننا نقول «انك لست حراً في اتخاذ قرار ما، لانني غالباً ما استطيع تخمين القرار الذي سوف تتخذه»، وهو قول سخيف.

واختصار القول ان الارادة الحرة ملك يدينا، الا ان المشكلة الوحيدة هي ان نعثر على الوسيلة التي نتخذ بها قراراتنا. انها مشكلة عويصة ومهمة للعالم السيكولوجي، لا للفيلسوف.

لنعالج الآن هذا السؤال الممتع : ان الجدل في موضوع الارادة الحرة يقلق التلميذ الثانوي العادي لسببين : فهو يخشى ، أولاً ، ان يأتي من يثبت ان حريته لم تكن الا وهماً ، وهو يشعر ، ثانياً ، ان التكهن بافعاله ازعاج لا مسوّغ له لدخيلته الفكرية . ولقد رأينا ان التخوف الاول لا داعي له ، اما الثاني فانه يشكل خطراً حقيقياً .

وبدلاً من ان نسأل هل افعالنا قابلة للتكهن ، فقد يكون من الأجدى ان ننظر الى أي حد هي بالفعل قابلة للتكهن . لا شك ان بالامكان التكهن ببعض الافعال . فاذا وضعنا شريحة لحم مشوي امام رجل جائع، فلن يكون هنالك مشكلة في ان نتكهن بما سيفعل . الا اننا ، في الجهة المقابلة ، لا نستطيع ، في الوقت الحاضر على الاقل ، ان نتكهن بجميع الافعال .

وهنالك نهجان مختلفان اساسيان لمحاولة تشكيل النظريات حول افعال رجل معين . الاول هو النهج السلوكي[1] الذي يكتفي بالنظر اليه من الخارج ويجعل من ذلك اساساً لاحكام عامة حول نمط تصرفاته. هذا ، دون شك ، هو النهج الأسهل ، كما انه النهج الأجدى في المدى القصير . اما النهج الثاني فأساسه البحث عن العوامل الداخلية ايضاً . وذلك عن طريق دراسة جسمه وطرح الاسئلة عليه . هذا النهج (هنالك اكثر من نهج واحد اذا رأينا التمييز بين النظرة العصبية ونظرة التحليل النفساني لباطن الانسان) يتطلب وقتاً اطول بكثير ، كما انه يؤدي الى صعوبات أكبر في تشكيل النظريات، غير انه الامل الوحيد للوصول الى نظرية كاملة .

---

١ – Behaviourism

وكما سبق ان رأينا في الفصل الحادي عشر، فهنالك ثلاث مشاكل للتكهن: الحصول على جميع الوقائع ذات العلاقة بالامر ، وتشكيل نظرية كاملة ، ثم اجراء العمليات الحسابية (الاستنتاجات) اللازمة للتكهن . كذلك رأينا ان هنالك صعوبات جدية تعترض هذه جميعاً حتى قبل ان يصل بنا المطاف الى مجال التفكير البشري حيث تزداد الصعوبات كثيراً . فمن المستحيل ، عملياً ، ان نتوصل الى معرفة اصيلة بتركيب الانسان الداخلي دون ان نقتله ، فهو آلة معقدة جداً (هذا اذا كان آلة!) انه يوجب على نظرياتنا ان تكون جد معقدة هي الاخرى، الامر الذي يجعل اكتشافها يتطلب زمناً طويلاً. واخيراً، فان مشاكل حساب ما يترتب على القرارات التي يتخذها من نتائج لهو أبعد منالاً من اي شيء واجهناه الى الآن .

وبعض الافعال البشرية أكثر قابلية للتكهن من غيرها . فهنالك حالات يُكتفى، فيها، بالقليل من الوقائع ولا تتطلب أكثر من البسيط من النظريات. هذه هي الافعال التي تصنف مبدئياً تحت عنوان العادات او الأرجاع العكسية[1]. لذلك نبدأ بها، ونوسع من ثم نطاق تكهننا مع تقدم السيكولوجيا. وهنالك ايضاً فروق بين الناس في هذا الصدد ، فنحن نقول ان ثمة اناساً « لا يمكن التكهن بأفعالهم » . وهؤلاء هم الاشخاص الذين تشكل عاداتهم نموذجاً أكثر تعقيداً من ان نستطيع تفهمه في الوقت الحاضر . ولا شك في اننا سنحقق تقدماً ملحوظاً في هذه الناحية ، الا انه عندما يتوضح لنا تعقيد هذه المشكلة على حقيقته ، فلن يبقى للعالم النفساني اي حظ للتدخل جدياً في دخيلة فكرنا .

وخلاصة القول ان التكهن الكامل للحوادث أمر يبدو انه غير وارد حتى

---

١ – Reflexes

بالنسبة لعالم الجماد. اما التكهن بالافعال البشرية فهو اكثر المشاكل التي يواجهها العالم تعقيداً. ولا يصح لنا ان نتوقع في هذا المجال الا تقدماً كأبطأ ما يكون التقدم ، كما يجب ان نتوقع ان يظل كثير من أنواع القرارات أبداً خارج قدرة العالم على التكهن .

والاهم من هذا كله ان علينا الا ننسى بأننا كائنات بشرية . فمجرد قيام عالم ما بمراقبة حركاتنا قد يكفي لتغييرها. وهذا هو اكثر العوامل التي تعقد الامور بالنسبة للعالم السيكولوجي ، كما انه ابسط وسيلة لتبيان العلاقة بين التكهن والارادة الحرة . فعندما نتكهن بموضع سقوط حجر ما ، فان لنا ان نجعله يفعل ما نريد . ولكن قل لانسان ما انه سوف يحك اذنه بيده اليمنى، والمرجح انك ستجده يستخدمها، بدلاً من ذلك ، لتسديد لكمة الى انفك .

١٤ العلم والقيم

هنالك نقص رئيسي في تفحصنا للمشاكل العلميـة والمشاكل التي تتأتى عن العلم ، ذلك اننا لم نأت حتى الآن على ذكر العلوم الاجتماعية ، مع ان مشكلة منهجية[١] العلوم الاجتماعية برمتها مرتبطة برباط وثيق مع مشكلة العلاقـة بين العلم والاخلاق[٢] . وقد يكون السؤال الأساسي الذي ينبغي لفيلسوف العلم ان يجيب عليه حول العلوم الاجتماعية هو ، هل بالامكان فصل المشاكل العلمية في العلوم الاجتماعية عن مسائل القيم . لذلك فمن الضروري ان ننظر في مسائـل القيم بادىء ذي بدء قبل ان نعنى بالعلوم الاجتماعية في الفصل القادم .

التصاريح بالقيم[٣]

أجرينا في الفصل الثاني تصنيفاً للاقوال التي تنطوي على معنى وتوصلنا الى تصنيف ذي مرتبتين ، فكان لدينـا أولاً ، أقوال المنطق والرياضيات ، وهي

---

١ – Methodology

٢ – Ethics

٣ – Value Statements

تحليلية مسلم بها ، كما انها أقوال ليس فيها أي محتوى واقعي وبالمستطاع التثبت من صحتها او بطلانها دون الرجوع الى حقائق . والواقع انهـــا كانت مجرد أقوال تحلل معاني الكلمات. اما في المرتبة الثانية فقد وجدنا الاقوال التركيبية اللاحقة للعلم ، التي تزودنا بالمعلومات الواقعية والتي كانت صحتهـا أو بطلانها يستندان الى حقائق . ولنا في هذه المرحلة ان نتساءل كيف تتلاءم تصاريح القيم مع هذا التشطير[1] .

لنتفق ، اولاً ، عما هو التصريح بقيمة ما ، ذلك لاننـا نجد عدداً يدعو للحيرة من مختلف التصاريح المصنفة تحت هذه التسمية العامـــة ، وعلينا ان نتفق ، من اجل ما نهدف اليه ، بأن نجعل للتصاريح بالقيم شكلاً مشتركاً . فالمرء يجد ان التسمية «تصريح بقيم» ، أو « التوكيد الاخلاقي »[2] تطوي تحت لوائها أقوالاً مختلفة مثل «هذا الفعل حسن»، «عليك ان تفعل كذا وكذا » . «ان افعال هذه الجماعة غير مرغوب فيها ابداً»، الخ... ان اي نوع من الاوامر أو التأكيد بأن شيئاً ما هو حسن أو مرغوب فيه انما يحوي تضميناً بقيمة ما.

ولنوافق على صياغـــة اي تصريح من هذا النوع على شكل « هذا الشيء حسن» . فاذا تلقينا امراً بفعل ما فانه يمكن تفسير الامر بما يعني ان الفعل المطلوب حسن او صالح . كذلك يمكن ان يصاغ التصريح بما هو مرغوب فيه أو غير مرغوب فيه في الشكل القيـاسي المنوّه عنه . وهنالك ، بالطبـع ، عدة اشكال قياسية اخرى تخدم هدفنا بقدر مماثـل ، الا ان هذا الشكل القياسي الذي اخترناه اتفاقياً لا يقل ملاءمة عن أي منها .

---

١ – Dichotomy اي تقسيم مرتبة ما الى مراتب فرعية تتميز، عادة، بالتضاد – المترجم

٢ – ethical assertion

وليكن المثل الذي نتنقيه «انه لامر حسن ان يدرس جيم جونز الرياضيات في الكلية» . فلو نحن اغفلنا عبارة الاستحسان لبقي لنا مجرد تأكيد واقعي يختص ، بالتالي ، بالمرتبة الثانية ، أي التركيبية . اذن ما هو تصنيف القول بأجمعه ؟ انه ، لا شك ، ليس تصريحاً تحليلياً ، لان صوابه أو خطأه لا يستندان لمجرد فهم معاني الكلمات التي يتشكل منها . غير اننا ، في الجهة المقابلة ، نلاقي صعوبة جمة في تقرير نوع المعلومات الواقعية التي تتوافق مع هذا التصريح . فنحن بامكاننا ان نراقب جيم جونز كما يمكننا ان نراقب الكلية المعنية أو نقوم بدراسة دقيقة لطبيعة الرياضيات . انه يمكننا ، بالاختصار ، ان نحيط بجميع المعلومات العائدة لهذا الامر ، الا ان هذا لا يوضح لنا هل هذا الفعل حسن أو سيىء . فالمرء يشعر ، بوجه ما ، ان نوع القرار اللازم للحكم على هذا التصريح يختلف كلياً عن عمليات المنطق وعمليات المنهج العلمي على السواء . لذلك نجدنا مرغمين على قبول مرتبة ثالثة ، هي مرتبة تصاريح القيم . وهذه التصاريح تختلف بشكل اساسي عن التأكيدات العلمية ، كما يتبين انها غالباً ما تصاغ على شكل امر . ان تقرير منزلة هذه التصاريح بالقيم والبحث في كيفية الحكم بصوابها أو خطأها من جميع نواحيها يشكلان مشكلة من اصعب مشاكل الفلسفة . وعلى كل فان هذه المشكلة هي لا شك ابعد مما تهدف دراستنا هذه اليه .

والواقع ان لدينا براهين قوية بأنه قد جرى البحث في التصاريح بالقيم منذ قبل فجر التاريخ . فالوصايا العشر هي من أقدم ما لدى المدنية الغربية من هذا القبيل ، اما المدنيات الشرقية فلديها سجلات أقدم من هذه بكثير . ومن المرجح ان مسائل الصواب والخطأ هي أكثر ما كان الناس يبحثونه حين كانوا يشكلون وحدات اجتماعية . والواقع اننا لو تقبلنا أكثر الروايات شيوعاً

لخلق الانسان لوجدنا ان تصاريحنا بالقيم لم تبدأ مع خلق الجنس البشري ، بل تبعته بعد ذلك بأيام . ويقال ان الازمة الاولى في تاريخ البشرية كانت حول معرفة التمييز بين الحق والباطل وهل تتاح للانسان. والواقع هو ان الانشغال بالحق والباطل يشكل احدى مميزات الجنس البشري ، وان علينا ممارسة هذه الهبة الغامضة في تقرير ما هو حق وما هو باطل عشرات المرات في كل يوم.

ولما كانت مسألة طبيعة هذه التصاريح والوسيلة المتبعة في اتخاذ قراراتنا بشأنها تضع نظرية القيم برمتها موضع البحث ، فان علينا ، بالنسبة لما نهدف اليه ههنا ، ان نثق بحدسنا في هذين الامرين . لذلك فسنقتصر على المسألة المحدودة حول تصاريح القيم التي تطالعنا في العلم وعلى الدور ، اذا كان ثمة دور ، الذي يلعبه العلماء في اتخاذ القرارات بشأنها .

الاسس الواقعية لتصاريح القيم

الموضوع الرئيسي الذي يتوجب علينا ان نتخذ قراراً بشأنه ههنا هو امكانية اثبات تصاريح القيم بواسطة المناهج العلمية ، علماً بأن اعتبار ذلك من المستحيل قد غدا أمراً مقبولاً به .

ان النظرية العلمية التي استخدمت أكثر ما يكون كمصدر مقترح لتصاريح القيم هي نظرية النشوء والارتقاء . ولقد نادى اوائل المعجبين بهذه النظرية بوجود خُلُقٍ للمزاحمة [1] مستمد من تنازع البقاء . كذلك فقد استخدم هذه النظرية مؤخراً نقاد النظام الاخلاقي، من امثال جوليان هكسلي، الذي يدعي

١ – Ethic of competition

انه اشتق اكثر مقاييس الاخلاق الانكلوسكسونية من نظرية النشوء والارتقاء. فهو « يبرهن » ، على سبيل المثال ، انـه يجب ان تتوافر لكل انسان فرصة متساوية لتحسين نفسه . وطريقتـه العامة في الجـدل هي ان يبين ان تطبيق مبدأ اخلاقي معين يعطي النشوء والارتقاء فرصة اوفى بكثير للتطور السريـع. لذلك فهو يستنتج ان ذلك العمل بالذات أمر مرغوب فيه .

هنالك ثلاثة اشكال من البراهين التي يمكن مواجهة موقف هكسلي بها . هنالك ، اولاً ، الافتراض الضمني بأن الشكل الحالي لنظرية النشوء والارتقاء شكل صحيح . والواقع ان جوليان هكسلي نفسه ينتقد المحاولات التي سبقته في اشتقاق تصاريح القيم لأنه يجدها تستند الى نظرية غير صحيحـــة للنشوء والارتقاء . اما الدليل الثاني فهو ان الشك يحوم حول حجج هكسلي وهـل تثبت ان هذه المبادىء الاخلاقية هي الوحيدة في الواقع التي تستعجل نظرية النشوء والارتقاء. اما في المقام الثالث، فهنالك فرضية ناقصة في جميـع محاولات الاشتقاق لتصاريح القيم ، ذلك لأن ثمة فجوة كبرى بين الاثبات بأن فعلاً ما سيستعجل النشوء والارتقاء وبين الاستنتاج بأن ذلك الفعـل مرغوب فيـه . والفرضية الناقصة هي، بالطبع، ان استعجال النشوء والارتقاء أمر مستحسن. والواقع انه يمكن للمرء ان يثبت ان الحاجة ههنا هي لفرضية أقوى من هذه، اي الى الافتراض بأن استعجال نظرية النشوء والارتقـاء هو أكبر خير ، او أهم خير ، متوافر لبني الانسان . فبدون هذا الشكل الاقوى للفرضية يغدو بامكان المرء ان يقول بأن الفعل الذي يستعجـل نظرية النشوء والارتقاء قـد يكون حسناً ، الا انه قد توجد ثمة اعتبارات اخرى تلغي ذلك .

ولننظر الآن الى الحجة نفسها من ناحية تجريدية[1]. لقد سبق لنا ان لجأنا

١ – Abstract

في الفصل الثاني من هذا الكتاب الى استعمال القاعدة البسيطة التالية : « لا يمكن الحصول على شيء من لا شيء». فاذا اراد المرء ان يستخلص استنتاجات واقعية فان على الافتراضات التي يلجأ اليها ان تحتوي بدورها على شيء من الواقعية . كذلك يستوجب استخلاص الاستنتاجات حول اي موضوع معين ان تكون هنالك افتراضات تعالج ذلك الموضوع . واذا نحن أخذنا بعين الاعتبار استنتاجاً منطقياً نموذجياً كالتالي: « جميع الحيتان من ذوات الاثداء: موبي ديك[1] من الحيتان ، اذن موبي ديك من ذوات الاثداء » ، فاننا نلاحظ ان كلاً من « موبي ديك » و « ذوات الاثداء » واردان في المقدمات والا فلن يمكن الربط بينهما في الاستنتاجات . كذلك فاذا كان يتوجب على الاستنتاج ان يحتوي على تصريح يشير الى ان شيئاً ما هو حسن . فانه يجب على كلمة «حسن» او احدى مرادفاتها ان توجد في المقدمات. اننا لا نستطيع استخلاص استنتاج ما حول مسائل القيم بواسطة وسائل منطقية مجردة الا اذا زودتنا المقدمات نفسها بالقيم .

ولنحاول ، قبل القبول بهذا الاستنتاج ، اقامة دليل ما ضدها ، فننظر في القول التالي : « جميع النسور طيور ، ماري بل نسر ، لذلك فماري بل اجنحة » . يمكن لنا ههنا ان ندعي بأن الاستنتاج جاء على ذكر الاجنحة في حين ان المقدمة لم تذكرها . الا ان هذا التحليل للوضع غير صحيح . فمن المسلم به في البرهان ان الطيور هي حيوانات من صفاتها ان لها اجنحة . لذلك فان الاجنحة قد ذكرت في المقدمة الاولى ولكن بشكل غير مباشر . وعليه فقد يأمل المرء ان يتخطى العقبات المشار اليها اعلاه بأن

---

١ — Moby Dick

يدعي ان التصاريح الواقعية ، وان لم نذكر كلمة « حسن » بشكل قطعي ، فانها تشير اليها بشكل غير مباشر . هذا قول ضعيف جــداً ، فالتصاريح الواقعية مفرغـة في قـالب من المفاهيم التجريبيـة التي لا تشير الى اي شيء مباشرة ، ام غير مباشرة ، بأنه « حسن » .

يتبقى الشكل الاخير للاعتراض على الدليـل الذي قدمنـــاه . ان المرء يستطيع القول بأن التصاريح التي أوردناها سابقاً ليست صحيحة بالمعنى الدقيق. لنفرض اننا أخذنا المقدمة « بطرس رجل طويل القامة » ، ثم استنتجنـا من ذلك ان « بطرس اما طويل واما جميل الصورة » . فان الدليل ههنـا واضح جداً ، ذلك لأن الاستنتاج يشير الى وسامة شخص ما دون ان يذكر ذلك ، مباشرة او غير مباشرة ، في المقدمة . فاذا صح ذلك يغدو بمقـدور المرء ان يتوصل الى استنتاج يتضمن كلمة «حسن» بالاستناد الى مقدمات هي تصاريح واقعية . لنفرض ، بالاضافة ، اننا قد عدّلنا قولنـا السابق كما يلي : « جميع الحيتان من ذوات الاثداء ، موبي ديك من الحيتان، اذن فاما ان يكون موبي ديك من ذوات الاثداء او انه يتوجب اطاعة الوصايا العشر » . ان هـــذا الدليل البارع الذي جاء به ش. ج. همبل[1] يثبت نقطة مهمة ، هي انه من الصعب جـداً صياغـة المجادلات العـــامة حول شكل التصاريح واشكال الاستنتاجات صياغة صحيحة . ولقد بيّنا ان أنواع البراهين الذلقة التي كثيراً ما نغرى بالادلاء بها هي مليئة عادة بالتناقضات. الا انها لا تغير شيئاً في جوهر الاستنتاج الذي توصلنـا اليه آنفاً [2]. اننـا نشعر جميعاً ، لا شك ، ان طراز

---

١ – C.G. Hempel

٢ – اي انه لا يمكن استخلاص استنتاج ما حول مسائل القيم بواسطة وسائل منطقية مجردة الا اذا زودتنا المقدمات نفسها بالقيم . — المترجم

الاستنتاج الذي توصلنا اليه حـــاليا غير ملائم كأساس للاخلاق . ولا يزال بامكان المرء ان يبدّل في هذه المحـاورة ليبرهن انه لا يمكن استخـلاص اي تصريح بات على شكل «هذا او ذاك حسن» من التصاريح الواقعية . لقد غدا الامر الآن اكثر تعقيداً واختصاصاً من ذي قبل ، الا ان جوهر الاستنتاج نفسه يظل دون تبدل .

ويمكن لنا الاستنتاج، عملياً ، ان التصاريح العلمية لا يمكن لها ان تشكل مصدراً للحكم بالقيم . وانـــه لما يدعو للاهتمام ان نلاحظ ان بعضاً من أبرز فلاسفة العلم قد وقعوا في شرك « المغالطة الطبيعية »[1]. وللمرء ان يفترض بأن الرغبة في العثور على اساس متين لعلم الاخلاق قوية لدرجة انهـــا تعمي حتى أقدر المفكرين عما في منطقهم من خطأ .

الا ان هنالك مغالطة معاكسة تواجهنـــا الآن ، فقد يغرينا الامر بأن نستنتج، نظراً للاسباب التي أوردناها اعلاه، ان العلم غير متلائم مع الاخلاق. الا انه بامكاننا ان نعثر بسرعة على أمثلة تقنعنا بأننا مخطئون في وجهة النظر هذه. لنفرض اننا قررنا بأن بناء جسر من مقاسات معينة هدف جد مرغوب فيه ، وان علينا الآن ان نحاول تقرير ما يتوجب علينا عمله. لا شك في اننا سوف نتشاور ، لدى بلوغنا هذه المرحلة ، مع جماعة من المهندسين الاكفياء، لا مع فيلسوف اخلاق نطلب اليه ان يرسم لنا المخططات . كذلك فلنفترض، على المنوال ذاته ، اننا قررنا بأن استئصال شأفة داء تصلب الانسجة[2] هدف جد مرغوب فيه ايضاً ، فاننا لن نلجأ الى معلمي الاخلاق لدينا نسألهم عمـا

---

١ – Naturalistic fallacy

٢ – Sclerostis

يتوجب فعله على كل انسان ، بـل نستشير بالاحرى من العلمـاء البيولوجيين والاطباء من هم اكثر كفاءة لاسداء النصح الينا . ها نحن اذن نجد علمـــاء يضطلعون بدور من يرشدنا الى ما يتوجب ان نقوم به . فكيف يحدث هـذا بالضبط ؟

ان النقطة الاساسية ههنا هي اننا سبق وحددنا هدفاً ما ، واننـا نبحث عن الوسائل لبلوغه . واذا نحن حاولنا وضع هذا النوع من المجـادلة في قالب غطي ، فقد يتخذ الشكل التالي : « استئصال شأفة داء تصلب الانسجـة من الولايات المتحدة أمر حسن . ها هي ذي لائحة بالتدابير اللازمة لذلك . اذن يجب وضع هذه التدابير موضع التنفيذ » . وقد يقال ان أصعب مجموعة من المقدمات ههنا انما قد صدرت عن العلماء ، غير انها تحتوي على تصريح واحد بقيم — اي الرغبة في استئصال شأفة مرض مخيف . ان الذي نعلمه هو انـه بمجرد التصريح بمقدمة اخلاقية واحدة ، فان العلم يستطيـع تزويدنا بلائحـــة طويلة من الامور الالزامية لتكون دليلاً لنا في افعالنا اليومية . والواقع انني سأحاول التمسك بالموقف القائل بأن العلم يلعب دوراً مهماً في الاخلاق . اي انه بمستطاع العلم ، بمجرد تحديد الغايات، ان يزودنا بالوسائل اللازمة لبلوغها. وبكلمة اخرى ، اذا تحددت لائحة ما بالاهداف الخـيّرة النهـائية ، فان العلم يزودنا بلائحة طويلة من أمور خـيّرة أدنى مرتبة منها ، لكنها لازمـة لاكمال سلسلة مراتب القيم .

ان الصعوبة التي تواجهنا في المغالطة الطبيعية تذكرني بنكتـة تنسب الى عـــالم المنطق كورت جريلينغ[١]. فقد روى قصة عن صديق له عثر على سر

---

١ — Kurt Grelling

الحركة الدائمة فأورد وصفاً مفصلاً لآلة شديدة التعقيد استخدمت في صنعهـا آخر التطورات الهندسية ، الا انه اعترف ، بعـد وصف متقن لهذا الجهـاز العجيب ، ان آلة الحركة الدائمة هذه يعوزها شيء من الكمال، ذلك لأن هنالك مقبضاً صغيراً يبرز من تلك الآلة العظيمة ولا يتطلب انجاز آلة الحركة الدائمة الا العثور على طريقة تجعل ذلك المقبض الصغير يذبذب باستمرار .

اننا نشعر ، بالطريقة ذاتها ، ان صرح العلم العظيم عديم الفائدة بحد ذاته كأساس لاحكامنا الاخلاقية. الا اننا اذا استطعنا تزويده بذلك المقبض المذبذب الصغير، الذي يقابله في حالنا هذا، تصريح يحدد اهدافنا ، فانه يغدو بامكاننا الحصول على فوائد عظيمة القيمة من مجموعة المعرفة التي يزودنا بها العلم . ان ما ورد على لسان أليس[1] مناسب كثيراً في هذا المقام لأننا اذا ما سألنا عالماً ما عن الطريق الواجب على الواحد منا سلوكها فان الجواب الوحيد الذي يمكنه الادلاء به هو اجابة الهر : « هـذا يتوقف الى حد بعيـــد على المكان الذي تقصدينه » . علينا ان نقرر بوسائل غير وسائل العلم الهدف الذي نود بلوغه، وعندها يكون باستطاعة العلم ان ينبئنا بكيفية المسير واتجاهه وأسرع الوسائل وأفضلها لبلوغ الهدف .

الغايات والوسائل

لنأخذ بعين الاعتبار مثلاً بسيطاً جـداً يمكـّننا من دراسة العلاقـــة بين

---

١ ـ الاشارة هنا الى محاورة مأخوذة من كتاب «أليس في بلاد العجائب» ، تسأل فيها أليس: « هل لك ان ترشدني اي طريق أسلك ؟ » فيجيبها الهر : « هـذا يتوقف ، الى حـــد بعيد ، على المكان الذي تقصدينه » . ـ المترجم

التصاريح بالقيم والتصاريح الواقعية ، فنفترض انه قد طلب الينا ان نصمم طائرة ، وان المشكلة التي نواجهها هي المادة التي يتوجب استعمالها لصنع جسم الطائرة . لنفترض كذلك ، تبسيطاً للامور ، ان الاختيار محصور بين خمسة مواد او مجموعات مواد، اذن يكون علينا ان نختار احدى هذه المواد الخمس .

للمرء ان يفترض انه بالامكان اتخاذ بعض هذه القرارات دون الالتفات الى اعتبارات القيم اطلاقاً ، فيقول ، مثلاً ، انه لو استعمل مادة ثقيلة أكثر مما يتوجب فان الطائرة لن تستطيع التحليق . غير اننا ، ههنا ، نكون قد أثرنا ضمناً السؤال التالي : « لماذا يتوجب عليها ان تحلق؟ » فاذا كنا قد قررنا انه من المرغوب فيه للطائرة ان تحلق نكون قد اتخذنا قراراً بقيمة. ولا شك في ان المغالطة الطبيعية قد تأتت من حالات كهذه حيث كانت احكام القيمة التي يتوجب الاستناد اليها بديهية الى درجة انها لم تؤخذ بتاتاً بعين الاعتبار الواعي. لذلك نجد انفسنا في موقف يستحيل لنا معه ان نتخذ قراراً ما دون توجيه جديد . اي ان علينا ، في هذه الحال ، ان نرى الغاية التي يتطلب من الطائرة تحقيقها بالضبط .

وقد تتضارب الغايات التي يهدف المرء اليها ، فيحاول صنع طائرة صالحة للعمل بأدنى كلفة ممكنة، او طائرة تستطيع التحليق الى أعلى ارتفاع ممكن، او قد تكون الغاية هي السرعة القصوى او المتانة القصوى او السلامة القصوى. ومن الممكن جداً لهذه الاهداف المتباينة ألا يمكن تحقيقها الا بوسائل متباينة. لذلك فاختيارنا من بين المواد الخمس سيستند الى الهدف الذي نبتغي تحقيقه .

ولقد بينت هذه الحجة الحاجة الى احكام القيم في اتخاذ القرارات . الا انه من الواضح ايضاً ان الحكم بالقيم لا يكفي وحده . ولنفترض اننا نعرف

ما نريد تحقيقه بالضبط، وان ما نريده هو التوصل الى السرعة القصوى ولكن دون التضحية بقدر كبير من السلامة ، ومع ابقاء كلفة صنع الطائرة في الحد الادنى الذي يسمح به هذان الهدفان . ان هذه الاعتبارات قد تحصر الخيار على الارجح في مادة واحدة، الا ان اعتبارات القيم لا تدلنا عليها. وسيكون علينا ان نستشير عالماً كفؤاً لكي يختار من بين المواد الخمس ما يحقق هذا الهدف . والواقع ان هذا هو العمل الذي يقوم به العلماء في خدمة القوات المسلحة . اذ يقوم ضابط كبير ، او جماعة من كبار الضباط ، بتحديد ما يتطلبونه من طائرة معينة ، ثم يستشيرون العلماء الذين يدرسون انتاج طائرة لها تلك المواصفات وعن كلفة صنعها ، وينبئونهم ان كان ذلك ممكناً ، والمهلة التي يتطلبها ذلك . وعندما يتوصل العلماء الى اتفاق حول امكانية صنع تلك الطائرة بكلفة معقولة يكون عليهم عندئذ ان يقرروا خير الوسائل التي تحقق الاهداف ، اي الغايات التي حددها الضباط الكبار .

وسنرى فيما بعد ان هذا التقسيم الى وسائل وغايات مبسط ، نوعاً ما ، أكثر من اللازم ، الا انه يلائم ما نهدف اليه حالياً . ونحن نعلم ان وضع القوانين السببية[1] يشكل احد الادوار الرئيسية للعلم . وتتميز هذه القوانين بأنها تساعد المرء على التكهن بالمستقبل اذا كان ملماً بالوضع الحالي الماماً تاماً . اما في طراز الحالة التي نحن بصددها ، فان الحاضر غير محدد بشكل تام ، بعد ، بل لا يزال معلقاً بقرار علينا ان نتخذه . اذن فكل ما يصح لنا ان نتوقعه من قانوننا السببي هو ان ينبئنا بالمستقبل على اساس القرار الذي نتخذه الآن . ففي المثل أعلاه ينبئنا القانون السببي عن النتيجة التي يؤدي اليها كل

---

١ — causal laws

من القرارات الممكنة الخمسة . وعندئذ يغدو اختيارنا النهائي عبارة عن تقرير اي النتائج الخمسة هو الاحسن — وهذا ، بحد ذاته ، يشكل حكماً بقيم .

والعلاقة ، في الحالات العامة ، بين التصاريح بالقيم وبين العلم تشبه هذه الحالة شبهاً كبيراً . فنحن في حاضر سوف لا يتحدد الا بعد ان نكون قد اتخذنا قراراً أو مجموعة قرارات ، يساعدنا العلم بصددها عن طريقين : الاول انه يستطيع انباءنا بالقرارات التي يمكن لنا ان نتخذها والثاني انه ينبئنا عما سيكون المستقبل بالاستناد الى الاتجاه الذي ننحوه بقراراتنا . وعندها يمكن ان نعتبر احكام القيم وكانها خيار من بين حالات مستقبلة — خيار يستحيل لولا هذه الاحكام . ان العلم ليس بمستطاعه ان ينبئنا الا بامكان تحقيق هذه الحالة او تلك : انه لا يستطيع التمييز بين ما كان منها مرغوباً فيه او مرغوباً عنه — اما الاحكام بالقيم فانها لا تكفي بحد ذاتها . فباستطاعتها ان تشير علينا اي الحالات نختار ، ولكن بعد ان نكون قد عرفنا اي هذه الحالات ممكن ادراكها ، غير انها لا تستطيع ان تدلنا على الحالات الممكنة ، كما انها لا تستطيع انباءنا عن الفعل الذي يتوجب انجازه في الحاضر لكي نتوصل الى الحالة التي نرغب فيها في المستقبل .

ويمكن ان نلخص البحث السابق بقولنا ان احكام القيم تمكننا من ان نجري خيارنا من بين الغايات ، بينما يشير العلم علينا بالغايات الممكنة وبالوسيلة التي تمكننا من بلوغها . ان العلم بكلمة اخرى ، يزودنا بلائحة من الغايات الممكنة وبالوسائل اللازمة لتحقيقها .

ونستطيع هنا ان نرى التماثل بين الدور الذي يلعبه المنطق او الرياضيات في العلم ، والدور الذي يلعبه العلم بالنسبة للاخلاق. ان الرياضيات لا تستطيع

وحدها وضع نظرية علمية ، ولكن ما ان تتوفر النظرية حتى يمكن للرياضيات ان تستخلص منها عدداً كبيراً من التكهنـات ، اي ان الرياضيات ، بكلمة اخرى ، لا تستطيع وحدها ان تزودنا بالحقائق الواقعيـة ، بل يمكن لها ان تزودنا بتصاريح صحيحة واقعياً بالاستناد الى تصاريح اخرى تكون صحيحة واقعياً. كذلك لا يستطيع العلم وحده ان يزودنا باحكام القيم . غير انـه يستطيع، حالما تتحدد الاهداف، ان يستنتج الوسائل اللازمة لبلوغها. وعليه ما ان تتوافر لنا بعض احكام القيم حتى يستطيع العلم اعطاءنا احكاماً اضافية.

سلم كامل للقيم

بمستطاع الجنس البشري في حالة مثالية ان يتوصل ، الى سلم كامـل للقيم بواسطة اعتبارات اخلاقية . والسلم هذا كامـل بمعنى انه يستطيع ، تجاه أي مجموعة ممكنة من الغايات ، ان ينتقي الغاية الفريدة المرغوبة اكثر من غيرها . كذلك يكون للجنس البشري في هذه الحالة المثالية عِلمٌ كلي المعرفة[1] يمكن له بواسطته ان يعرف دائماً اياً هي الغايات الممكن ادراكهـا واياً هي السبل الصحيحة لبلوغها . وبعد ذلك يقوم العلم في اي مرحـلة من مراحل تاريـخ الجنس البشري ، بتزويد الاخلاق بلائحة من الغايات المرغوبة فينتقي الاخلاق من بينها ثم يعود العلم فيوفر لنا الوسائل لبلوغها . ولنحاول الآن ان نتفحص مبلغ قصورنا عن هذه الغاية في تصرفاتنا اليومية .

لقد تبيَّنا ، في المقام الاول ، نواحي القصور في العلم ؛ اذ المفترض فيه ان

١ – Omniscient

يلعب دوراً مزدوجاً فيزود الأخلاق بمجموعة كاملة من الغايات الممكنة ويوجد الوسائل الملائمة لبلوغها . غير ان العلم — كما هو متيسر لنا في الواقع — لا بد وان يقصر عن بلوغ هذين الهدفين . فنحن نعلم ان العلم غير كامل، ولا يستطيع بالتالي تزويدنا بأي معرفة شاملة من هذا القبيل ، كذلك نعلم انه حتى لو غدت نظرياتنا كاملة ، فان وسائلنا في الاستنتاج المنطقي محدودة لدرجة ان طراز السؤال الشامل الذي طرح ههنا يتعدى وسائلنا الحالية في الاستنتاج الرياضي . وعلى كل فقد بحثت هذه المشاكل بالقدر الكافي في الفصول السابقة . اذن لنفترض الآن ، خلافاً للواقع ، انه قد توفر لنا علم كامل ، ولنحاول ان نتحرى الصعوبات التي لا تزال تواجه الاخلاق .

يمكن لنا ان نجري هذا البحث بشكل مثمر عبر نظام اخلاقي معروف . ان نظام الفيلسوف ج. س. مل[1] المسمى « بالنفعية »[2] ربما كان اكثر الانظمة الاخلاقية في حضارتنا عرضة للجدل . انه يعرّف «الخير» فيما يحققه من اوفى قدر ممكن من السعادة لاكبر عدد من الناس . اي عند المقارنة بين نهجين ممكنين للعمل ، فان افضلهما هو الذي يحقق ما يؤدي الى سعادة اكثر لعدد اكبر من الناس. واذا افترضنا انني كنت من حسن الطالع بحيث ورثت مليون دولار بين عشية وضحاها فساواجه مشكلة ما يتوجب علي ان اصنعهُ بهذا المال . علي ، بحسب مبادىء النفعية ، الا احتفظ بكلية المبلغ لنفسي لان ذلك يتسبب في سعادة كبرى لشخص واحد فقط دون غيره . الا ان توزيع المبلغ على مليون من الناس باعطاء كل منهم دولاراً واحداً لا يمكن ان يعتبر عملاً طيباً ، ذلك لانه وان كان عدد المنتفعين كبيراً الا ان مقدار السعادة الذي

---

١ — J. S. Mill

٢ — Utilitarianism

يصيب كلاً منهم ضئيل جداً . اذن فالمفترض في القائـــل بمذهب النفعية ان يتوصل الى تسوية ما بحيث يوزع مبلغاً محترمـاً من المال على عدد معقول من الناس. اما كيفية التوزيع بالضبط فعلى العلم ان يحددها بالاستناد الى دراسات نفسية واجتماعية حول مقدار السعادة الذي يتأتى للناس نتيجة لمختلف مقادير الهبات التي يتلقونها .

ان الانتقـاد البديهي لهذا النظام الاخلاقي هو انـه يتطلب مقاييس رقمية لمقادير السعادة . غير اننا سنتجاهله هنا ، لانـه لا يشكل مسألة اخلاقية ، ونفترض انه قد توفر لنا مقيـاس كمي موثوق به لسعادة الافراد ، وان لهذا المقياس ميزة التمكين من مقارنة مقدار سعادة انسان ما بمقدار سعادة انسان آخر . عندئذ يبدو وكأننا قد توصلنا الى سلم علمي كامـــل للقيم . الا ان هذا خطأ .

لنعد الآن الى المليون دولار التي سنوزعها على مجموعة من الناس ، ولنفترض اننا نحاول ان نقرّر هل من الأفضل توزيعها بالتساوي على مليون من الناس، أو على ألف منهم ، أو الاحتفاظ بها كلها . ثم لنفترض ، زيادة على ما تقدم، ان هذا يعني ، بالنسبــة لسلم السعادة عندنا ، اننـا سنوفر وحدة واحدة من السعادة لمليون من الناس ، او مئة وحدة من السعادة لالف منهم ، أو عشرة آلاف وحدة لشخص واحد فقط . ان المرء قد يغرى بالاستنتاج بان التقسيم الأول هو الافضل ، لانه يوفر مليون وحدة من السعـادة بينما لا توفر القسمة الثانية سوى مئة ألف وحدة، والثالثة عشرة آلاف وحدة . غير ان هذا هو بالضبط ما لا توصي الفلسفة النفعية بفعله . انها لا تقول بالسعي وراء المقدار الاقصى المطلق من السعادة ، بل بمحاولة التوصل الى العدد الأقصى من الناس الذين يمكن لنا اسعادهم والى المقدار الاقصى من السعادة الذي يمكن ان نمنحه

لهؤلاء . الا ان هذين الهدفين يتناقضان فيما بينهما ، لانه كلما ازداد عدد الذين نحاول اسعادهم بالمليون دولار نقص مقدار السعادة التي يمكن ان تكون من نصيب كل منهم .

ولننظر ، كمثل آخر ، الى الورطة التي تواجه شاباً يحاول اختيار الكلية التي يود الانتماء اليها . فيجد ان ثمة كلية بالقرب من منزله يود ابواه ان ينتمي اليها بينما يجد ان أعز اصدقائه سيلتحق بمدرسة بعيدة ويرغب اليه ان يرافقه اليها ، فيتوصل الى تسوية بأن يلتحق بمدرسة لا تبعد كثيراً عن منزله ويكون صديقه على استعداد للالتحاق بها . انه ، بانتسابه الى اقرب مدرسة الى منزله يكون قد فعل ما يسر والداه ، بينما يشكل ذهابه الى المدرسة البعيدة مصدر غبطة لصديقه الاعز . وهنالك الحل الوسط الذي يرضي الجميع دون ان يسر له اي منهم. هذه ورطة واضحة المعالم : هل يتوجب عليه ان يدخل السرور الكبير على قلب شخص واحد، او بعض السرور على قلب شخصين، او يرضي الثلاثة دون ان يفرح أياً منهم بما فيه الكفاية ؟ من الواضح ان النفعية لا تستطيع انتشالنا من هذه الورطة .

ان الغاية من سُلـَّمٍ كامل للقيم هي تزويدنا بترتيب بسيط لاوضاع العالم وحالاته ، حتى اذا وافانا العلم بلائحة من الاوضاع الممكنة المستقبلة توجب على سلم القيم ان يمكننا من الاختيار فيما بينها. ان للنفعية ، بشكلها المقترح ، سلماً للقيم، الا انه لا يمكننا ، في أكثر الحالات ، من التوصل الى اختيار فريد بل يزودنا بترتيب جزئي لاوضاع العالم لا بترتيب بسيط لها . فاذا كان فعل ما ينطبق بالنسبة لفعل آخر على عدد أكبر من الناس ويجعل كلاً منهم أكثر سعادة ، فان من الواضح انه يكون مرغوباً فيه بقدر أوفى . ولكن اذا كان الفعل الاول يؤدي الى اسعاد عدد أكبر من الناس ، ولكن بقدر من السعادة

يصيب كلاً منهم أقل مما يصيبهم من الفعل الثاني ، فان النفعية لا تستطيع ان تؤدي الى قرار بشأنهما، هذا مع العلم بأن أكثر الحالات العامة شيوعاً هي، بالطبع ، أكثر تعقيداً من هذا المثل. فاذا افترضنا ان الفعل الاول يؤدي الى اسعاد عشرة اشخاص تتراوح مقادير سعادتهم من وحدة الى عشرة آلاف ، بينما يؤدي الفعل الثاني لاسعاد عشرين شخصاً تتراوح مقادير سعادتهم من عشر وحدات الى عشرين — فكيف يمكن لنا ان نقرر أي الفعلين هو الافضل ؟

والسؤال التالي الذي يَعرضُ لنا هو هل بالامكان ضبط النفعية بحيث تغدو بالفعل سلماً كاملاً للقيم . والجواب ان الامر سهل متيسر بواسطة عدة طرق ، الا انه ليس من الواضح ابداً اي طريق منها هي التي جالت في مخيلة واضعي الفلسفة النفعية . وعلى سبيل المثال ، فان القاعدة التي تهيب بنا ان نرفع مجموع مقادير السعادة الى حدها الاقصى هي قاعدة تلائم وضع ترتيب بسيط ، اي انها تجعلنا نوزع الدولارات المليون على مليون من الناس . وفي حالة التلميذ الذي يحاول اختيار كليته يكون علينا ان نجد عدد وحدات السعادة التابعة لكل خيار على حدة. فاذا كان الالتحاق بالمدرسة التي اختارها صديقه يمنح ذلك الصديق مئة وحدة سعادة ، والانتساب الى المدرسة القريبة يمنح كلاً من والديه ثلاثين وحدة ، والذهاب الى مدرسة الحل الوسط يعطي كلاً من الاشخاص الثلاثة خمس عشرة وحدة من السعادة ، فان الحل الاول هو المرغوب فيه .

ويمكن لاحدى القواعد الممكنة الاخرى ان تهدف الى توزيع السعادة بما أمكن من التساوي ، فتجعلنا نتفحص جميع المعنيين بالامر لانتقاء أقل الناس حظوة بالسعادة لكي نرفع مقدارها لديه الى الحد الاقصى . ان هذه القاعدة تهيب بنا ، هي الاخرى ، لتوزيع الدولارات المليون على مليون شخص

بالتساوي ، الا انها تؤدي الى اختيار كلية غير التي وقع عليها خيارنا الاول . فالالتحاق بالمدرسة البعيدة لا يجلب اي سعادة للابوين ، بينما يؤدي الانتساب الى المدرسة القريبـة للفصل بين الصديقين العزيزين – وعليه يكون الخيـار الصحيح في هذه الحال الالتحاق بمدرسة الحل الوسط. والواقع ان هذا الطراز من القواعد يؤدي الى حل تسوية في غالبية الاحيان .

وثمة قاعدة اخرى قد توصي باعتبار الحد الوسطي لمقدار السعادة للفرد ، ثم بتربيع هذا المقدار وضربه بعد ذلك بعدد الناس المعنيين بالأمر. ففي هذه الحال نجد ان الحل يكون في الاحتفاظ لأنفسنـا بالمليون دولار والالتحاق بمدرسة صديقنا الأعز . هذه القاعدة تتجه ، على العموم ، الى جعل عدد قليل من الناس على قدر كبير من السعادة .

وليس ثمة نهاية للطرق التي يمكن بواسطتها ضبط النفعية لتغدو سلماً للقيم. الا ان هنالك اعتراضات جديدة على كل من هذه التعاريف – اعتراضات من وجهة النظر الاخلاقية أكثر منها من وجهة النظر المنطقية . ان النفعية تبدو جد مقنعة طالما هي غير كاملة ، فاذا أكملناها فقدت جاذبها الاخلاقي . هنالك صعوبات اساسية في تشكيل سلم كامل للقيم ، بصرف النظر عن عدم اكتمال العلم ووسائلنا في الاستنتاج. ويبدو ان الوصول الى اتفاق حول أي سلم كامل من هذا الطراز لا يقل صعوبة عن العثور على مجموعة كاملة من النظريات العلمية.

كذلك فانه من عظم الشأن بمكان ان ننبّه الى اننا قد أثبتنا أكثر من مرة خلال هذا البحث ارتباط المنطق والرياضيات والعلم في وضع سلم كامل للقيم. ان سلماً كاملاً للقيم يمكننا من وضع ترتيب بسيط لاوضاع العـالم . علينا ان نلجأ الى العلم لكي ينبئنا بأوضاع العالم الممكنة وليعيننا على قيـاس مختلف

العوامل التي يبدو لنا ان لها علاقة بالأمر ، الا ان علينا، من الناحية الاخرى، ان نلجأ الى المنطق والرياضيات ليؤكدا لنا ان سلم القيم الذي اعتمدناه ملائم وانه يؤدي بالفعل الى ترتيب بسيط . وكما لعب المنطق والرياضيات دوراً مهماً في تطوير المنهج العلمي ، كذلك يؤديان ، بالاشتراك مع العلم ، أهم الخدمات في دراسة الاخلاق .

١٥ العلوم الاجتماعية

العقدة الاساسية في فلسفة العلوم الاجتماعية هي هذه : هل بالمستطاع دراسة الانسان بالوسائل نفسها التي تطبق على الكائنات الدنيا والطبيعة الصماء. ولربما كانت هذه أكثر ما يجادل فيه من مشاكل فلسفة العلم ، وعلينا الآن ان نعالجها على انها مشكلتنا الكبرى الاخيرة .

مقام العلوم الاجتماعية

من الصحيح ، لا شك ، ان العلوم الفيزيائية قد بلغت من التطور مرحلة أبعد بكثير من المرحلة التي بلغتها العلوم الاجتماعية اليوم والتي ستبلغها حتى في المستقبل المتوقع . ان قوانين العلوم الاجتماعية تبدو، لدى مقارنتها بقوانين العلوم الفيزيائية ، وكأنها تنتمي الى فصيلة مختلفة . ان القانون النموذجي في العلوم الفيزيائية يعبر عنه بشكل دقيق ، (وغالباً ما يكون ذلك في قالب رياضي) كما انه خال من الالتباس الى حد بعيد . كذلك فقد اختبر مراراً فأثبتت التجارب صحته. أما القانون العادي في العلوم الاجتماعية فانه، بالمقابل، عادة ما يكون مفرغاً في قالب من كلمات طنانة يكتنفها كثير من الالتباس،

كما انه يعرض محفوفاً بالتحفظات والاعذار . هنالك على الارجح عـدة شواذ معروفة للقانون ، الا ان القانون لا يزال له مؤيدوه بأنـه خير ما نعرف الى الآن. لقد مكننا القانون في العلوم الفيزيائية ان نستنتج بشكل دقيق تكهنات معينة ثبتت صحتها . الا انه بالرغم من ان ثمة تكهنات قد نسبت الى القانون الاجتماعي فانه من المرجح لها ألا تكون سوى انعكاس لتحيزات واضعي ذلك القانون أو لمعلوماتهم البديهية وانها لم تستنتج بتاتاً من القانون نفسه .

واذا نحن سألنا قادة الرأي في هذا المجـــال فمن المتوقع ان يتقدموا منا باسباب عديدة لتخلف العلوم الاجتماعية بهذا القدر عن العلوم الفيزيائية،مشيرين الى ان العلوم الفيزيائيــة تعالج اشياء بسيطة كالذرة مثـلاً ، بينما يتوجب على العلوم الاجتماعية معالجة الكائنات البشرية ، منفردة او في جماعات ، وان العدة الأساسية للعالم الفيزيائي هي التجربة المخـبرية في حين ان هذه التجارب غير مسموح بها في العلوم الاجتماعية . هذه الاسباب حجج منهجيــة مشروعة قد تقنعنا بأن العثور على القوانين في العلوم الاجتماعية اصعب بكثير من العثور عليها في العلوم الفيزيائية .

وسنجد ، بالاضافة الى الحجج المنهجية، جدلاً متكرراً حول السبب الذي يستحيل معه على العلوم الاجتماعية ، من حيث المبدأ ، ان تصبح علمية بالمعنى الصحيح ، فيقال لنا ان الاشياء الصماء تطيـع القوانين أما البشر فلا ، كما يقال لنا ان التكهن ممكن في الطبيعة الحية ، بينما هو مستحيـل مبدئياً مع البشر نظراً لما يتمتعون به من ارادة حرة . ويقـــال لنا ، فوق هذا كله ، ان على العلوم الاجتماعيــة ان تكون مختلفة ، في الاساس ، عن العلوم الفيزيائيــة لأن مسائل القيم واردة في الاولى وليس في الثانية. لهذه الاسباب جميعها فقد افترض بأن معالجة العلوم الاجتماعية من ناحية علمية مجردة أمر مستحيل .

الا انه سبق لنا وتفحصنا حججاً من هذا الطراز فوجدناها لا يؤخذ بها . ان الحجة الاولى تستند الى الاعتقاد الخاطىء بأن الطبيعة «تطيع» القوانين بالمعنى الذي يطيعها به بنو البشر ، لذلك ، واستناداً لهذا الاعتقاد الخاطىء ، فانه من الطبيعي ان يفترض بأنه يمكن لبني البشر خرق قوانين الطبيعة تماماً كما يخرقون القوانين البشرية . الا اننا ما ان ندرك ان قوانين الطبيعة ليست الا مجرد وصف لما يحدث بالفعل حتى يتضح سخف هذا الطراز من الاعتراض. هل من سبب ، من حيث المبدأ ، يجعل وصف افعال البشر اصعب من وصف حركات الذرات ؟ اذا كان لا بد من جواب ، فالامر اسهل بالنسبة لافعال البشر لانه قد توافرت لنا الخبرة المباشرة بالكيفية التي تنجز بها الافعال البشرية . أما الحجة الثانية المتعلقة بقابلية التكهن فقد بحثنا أمرها في الفصل الثالث عشر حيث رأينا ان الارادة الحرة لا تتعارض بأي شكل من الاشكال مع امكانية التكهن. والواقع انه قد توفر لدينا لغاية الآن عدة أمثلة طيبة عن تكهنات في مجال العلوم الاجتماعية ، ومع ذلك لا يشعر اي منا بأن ارادتنا الحرة قد تعرضت للانتقاص .

اما الحجة الاخيرة المتعلقة بتصاريح القيم فهي في اساس عدد كبير من هذه الاعتراضات، (بحثنا هذا الامر في الفصل الرابع عشر). انه من الممكن، بالطبع ، ان نؤكد بوجوب معالجة العلوم الاجتماعية لمسائل القيم. فاذا كانت الغاية من هذا الجهد العثور على اجوبة لمشاكل القيم ، فلا شك عندئذ بأنه يتوجب على العلوم الاجتماعية ان تكون مختلفة ، في الاساس ، عن العلوم الفيزيائية. غير ان الحجة هذه حجة كلامية، ذلك لانه لا مناص من الاعتراف بانه من المعقول مبدئياً والمهم عملياً ان نعثر على قوانين علمية تمكننا من ربط الوسائل البشرية بالغايات البشرية . هذا هو الجهد الذي يصح وصفه بالعلوم

الاجتماعية والذي يمكن معالجته بالمنهج العلمي الذي بحثناه في هذا الكتاب . وانه لأفيد ما يكون، على ما يبدو لي ، لو اننا لا نطلق اسم «علوم اجتماعية» الا على هذا النوع من الجهد ذلك لان دعاة الطراز الآخر يقرون بانه ينقاد للمناهج العلمية . ولا بد لنا ههنا بالطبع ، من مواجهة بعض المصالح الخاصة. فهنالك عدد كبير من الاساتذة في دوائر العلوم الاجتماعية في جامعاتنا يعلمون التمييز بين الحق والباطل ويخشون فقدان مراكزهم اذا تبين ان ما يقومون به لا يمكن نعته بانه «علمي» .

ومن المسائل الشديدة الترابط مع هذا الجدال ، سؤال يدور على العلوم الاجتماعية وهل ينبغي ان تقتصر في الاصل على القوانين التاريخية . فتكون الغاية منها ، في المقام الاول ، ان تسرد ما قد جرى بالفعل، فتصنف مختلف الافعال وتحاول تبرير الدوافع التي جعلت البشر يتصرفون باشكال معينة . ان جمع المعلومات وتصنيفها يشكل خطوة مهمة اولى في كل علم من العلوم . غير انه اذا امكن لنا ان نستخلص العبرة ، من العلوم الفيزيائية – فاننا سندرك ، لا شك ، ان هذه ليست الا مجرد بداية ، وان النجاح الحقيقي لا يتأتى الا بعد ان نترك هذه المرحلة الى مرحلة اعلى ، هي مرحلة تشكيل النظريات .

وقد سبق لنا ان بيّنا آنفاً انه من المشكوك فيه ان يمكن تصنيف الحقائق اطلاقاً دون نظرية تحوم في افكارنا ، والواقع ان المؤرخين عادة ما يكون لهم رأي يودون اثباته فيتقدمون بالحقائق التاريخية التي يمكن استخدامها للبرهان على صحة افتراضهم المقترح . هذا عمل من نوع خطر اذا مارسناه في مضمار غير دقيق، ذلك لان الاغراء شديد لجهة تبديل الحقائق التاريخية بحيث

تطابق افتراضاً مقترحاً والواقع اننا نجد علمـاء الاجتماع يتهم بعضهم بعضاً ، وبشكل مستمر بانهم اقترفوا هذا الخطأ بالذات .

ليكن استنتاجنا اذن ان ليس ثمة صعوبة ، من ناحية المبدأ ، في تطبيق المنهج العلمي على العلوم الاجتماعية ، الا اننـــا نصادف صعوبات شديدة من الناحية العملية. لذلك فلنوجه اهتمامنا الآن لاخذ هذه الصعوبات بعين الاعتبار.

المنهج في العلوم الاجتماعية

سبق ان حللنا المنهج العلمي الى ثلاث مراحل رئيسية : تشكيل النظريات، استنتاج المترتبات ، والتثبت من صحة التكهنات . وسننظر الآن في كيفية تطبيق هذه المراحل في العلوم الاجتماعية مبتدئين بالمرحلة الأخيرة اولاً .

هنالك، بادىء ذي بدء، الصعوبات البديهية التي تواجهنا في عملية التثبت من صحة احد التكهنات . ولنفرض ان نظريـة ما تتكهن بوقوع ظاهرات اجتماعية معينة اذا ما عزلنا عشرة ملايين شخص على جزيرة جرداء لمدة مئة عام ، فانه من الواضح ان ليس ثمة وسيلة عملية تمكن من التثبت من صحـة ذلـك . وقد يكون على المرء ان ينتظر وقوع حادث تاريخي عارض لكي تتوافر شروط التكهن هذا ، كما قد تدوم فترة الانتظار الى الابد . ان العالم الاجتماعي محق حين يشير الى ان العـــالم الفيزيائي يتميز عنه بما يتمتع به من وسائل مخبرية يمكن التحكم فيها ومن قدرة على المراقبة في احوال مثلى .

هنالك مخابر للعلوم الاجتماعية قائمة في عدد كبير من جامعـات العالم غير انه من الصعب ان يقال ان الناس يظلون على تصرفاتهم الطبيعية اذا هم عزلوا

في حجرات خاصة لمراقبة اطوارهم . ان الذين يقومون بالتجارب من علماء الاجتماع قد اتهموا بانهم انما يبحثون عن القوانين التي لا تنطبق الا على هذه الحجرات المعزولة بيد انه من المعقول ان نعتقد بان هذه التجارب تكون مرضية تماماً بالنسبة لبعض نماذج من الأفعال البسيطة . ان تاريخ العلم يبين ان على كل فرع ان يبتدىء بتشكيل القوانين البسيطة التي يوسع مداها فيما بعد لتشمل الحالات الممتعة حقاً . غير اننا نجد ، حتى لدى الذين يجرون التجارب انفسهم ، انه من الصعب الحصول على النتائج ذاتها في تجارب متماثلة .

ولنأخذ مثلاً على ذلك الجدل الذي دار بين بعض علماء السيكولوجيا التجريبية حول نمط تصرف الناس تحت تأثير شروط معينة . ويصف و. ك. استس[1] ، وهو احد الرواد في نظرية التعلم السيكولوجي[2]، التجربة الممتعة التالية : يطلب الى شخص ان يحزر هل الضوء الموضوع امامه سيشع خلال الثواني الخمس القادمة . وبعد ان يفعل ذلك فقد يضاء المصباح او لا يضاء بحسب ترتيب جرى تحديده قبل التجربة . ولنفرض ان القائم على التجربة أضاء المصباح بشكل عشوائي وان ذلك ادى الى اشعاعه في خمس وسبعين بالمائة من الحالات . فلو كان الشخص موضوع التجربة يعلم بالأمر ، ولو هو يعمد الى رفع معدله في الحزر الصحيح لدى كل محاولة الى الحد الأقصى لكان جوابه « نعم » في كل مرة . الا انه في الواقع لا يفعل شيئاً من هذا القبيل . فقد تبين ان الشخص موضوع التجربة يتنبأ ، في المدى الطويل ، بالايجاب في خمس وسبعين بالمائة من الحالات وبالنفي فيما تبقى منها ، الأمر الذي ينتج عنه

---

١ — W. K. Estes

٢ — Psychological learning theory

ان يكون مصيباً في ٦٢٫٥ ٪ من الحالات ، اي ان حظه في الاصابة أقل بكثير مما كان يمكنه تحقيقه .

ولقد أجرى آخرون هذه التجربة «نفسها» فوجدوا ان الاشخاص موضوع التجربة كانوا يجيبون في النهاية « نعم » فقط. الا اننا عندما نتفحص الطريقة التي اجريت بها كل من التجارب ، فاننا نلاحظ بعض الفرق . ففي المجموعة الاولى من التجارب نجد انه يطلب الى الشخص موضوع التجربة ان يستمر في تنبؤاته دون ان يترك له الوقت الكافي ليتفكر كيف يسلك خير السبل . أما في المجموعة الثانية فانه يطلب اليه ان يتوقف قليلاً بعد عدد معين من المحاولات ويمنح الفرصة للتفكر فيما يفعل وهل هو خير ما يستطيع. ان السؤال الحقيقي هو هل كان المجرّبان الاثنان قد أجريا نفس التجربة ام لا. انني اعتقد شخصياً ان هنالك تبايناً شاسعاً بين هاتين المجموعتين من التجارب ، وان النتائج تبين ردود الفعل ازاء حالات مختلفة . غير ان اختلاف المبرزين من علماء السيكولوجيا حول هذا الأمر هو مثل على احد المصادر الاساسية للمشاكل في العلوم الاجتماعية التجريبية .

وهنالك ، اخيراً وليس آخراً ، مشكلة محاولة التثبت من صحة التكهن بالمستقبل، ذلك لأن مجرد قيام المرء بهذه المحاولة قد يؤدي الى تغير في تصرفات موضوع التجربة — مما يؤدي بدوره الى اثبات التكهن او نفيه .

ان الصعوبات التي نالت أقل نصيب من التفكير هي صعوبات استنتاج مترتبات القوانين في العلوم الاجتماعية . لقد اشير بالطبع مراراً الى استحالة استخلاص الاستنتاجات الدقيقة من قوانين مبهمة . لذلك فلن نضيع الوقت في بحث هذا الموضوع بل نوجه اهتمامنا فقط الى تلك القوانين النادرة في العلوم

الاجتماعية المعبرة بشكل دقيق محكم . ونحن نعلم ان الاستنتاج في اي علم من العلوم عبارة عن حل مسائل رياضية بسيطة او معقدة . ولما كانت العلوم الاجتماعية ما تزال في دور الطفولة فقد افترض بأن حل اي من المسائل الرياضية التي قد تتبدى في العلوم الاجتماعية سيكون، بالضرورة، حلاً بدائياً. ولقد كان هذا السبب الرئيسي لتجاهل كبار علماء الرياضيات لتطبيقاتها على العلوم الاجتماعية ، غير ان ذلك بعيد جداً عن الصورة الحقيقية للامر .

وعلينا، اذا اردنا تفهم هذا التأكيد، ان نأخذ طبيعة المعرفة الرياضية بعين الاعتبار . فالمرء في اي حالة تطبيق فعلية ، يتعاطى مع عدد محدود من الاشياء ولنصنف هذه التطبيقات في ثلاث فئات يتعاطى المرء في اولاها مع عدد صغير من الاشياء ، ولنقل خمسة على سبيل المثال ، ويتعاطى في الثانية مع خمسة آلاف او خمسين الف ، وفي الثالثة مع خمسة مليارات او خمسة مليارات من المليارات . ان الطراز الاول من المسائل هو الذي يمكن حله بالوسائل الرياضية البدائية وسبر جميع الامكانيات في وقت واحد. اما المسائل التي توجب التعاطي مع مليارات او مليارات المليارات من الأشياء فهي التي تبدو كأعسر ما يكون حلاً . الا ان هذا بالضبط هو المجال الذي ادى فيه حساب التفاضل والتكامل[1] خدمات عظيمة . ولقد وجدنا ، بالنسبة لكثير من امثال هذه المشاكل، انه بامكان المرء ان يفترض بأن هنالك عدداً لامتناهياً من الاشياء — وان يطبق ، بالتالي ، الاساليب الرياضية الفعالة التي استنبطت لمعالجة مسائل كهذه بالذات . ففي علم الفيزياء ، مثلاً ، نفترض ، حين نود قياس سرعة شيء ما ، انه يمكن لنا ، من حيث المبدأ على الاقل ، ان

١ — calculus

نقوم بعدد لامتناه من المشاهدات حول موقع ذلك الشيء ، وعليه يصبح في حيز الامكان تطبيق وسائل حساب التفاضل والتكامل .

ان الفئة الثانية ، أي فئة الخمسة آلاف الى الخمسين ألفاً ، هي التي لا تنطبق عليها اي من الطريقتين المشار اليهما.فعدد الاشياء أكثر من ان يمكن من سبر جميع الامكانيات في وقت واحد، الا انه ضئيل جداً لا يمكّن الأساليب التحليلية لحساب التفاضل والتكامل من ان تؤدي الى نتائج مضبوطة. والواقع ان الوصف الوحيد لهذه الحالة الرياضية هو القول بأننا لم نتوصل بعد الى وضع ذلك الطراز من الرياضيات الذي تحتاج اليه هذه الفئة الوسطى . ولهذا نجد ان مسائل العلوم الاجتماعية ليست أسهل من مسائل العلوم الفيزيائية ، بل هي في الواقع اصعب منها بكثير . وفي هذا مثل جيد لفرع من فروع العلم يتوقف تقدمه على تقدم الرياضيات . لذلك سيظل تطور هذا المجال بطيئاً جداً ما لم يرتفع عدد العلماء الرياضيين الاكفياء بحق ، الذين يوجهون اهتمامهم لهذه المسائل .

ولربما كان مدعاة للتضليل ان نقول بأننا لا نعرف الا عدداً ضئيلاً من قوانين مهمة ومضبوطة في مجال العلوم الاجتماعية ، كما قد لا يكون من العدل، تجاه عالم الاجتماع ، ان يقال بأنه لم يضع الا اتفه النظريات ، بل ادنى الى الانصاف القول بأن بعض هذه النظريات التافهة فقط قد عولج لدرجة تسمح بالحكم على صلاحها وملاءمتها . ان عدد القوانين المقترحة يفوق هذا بكثير ، الا ان المرء سرعان ما تعترضه مسائل رياضية تتعدى مقدرتنا على حلها .

أمامنا ، اخيراً ، مسألة تشكيل النظريات في العلوم الاجتماعية ، حيث

نصطدم بأكبر صعوبة تواجه عالم الاجتماع وهي عرقلة دراسة الدوافع[1] . ان العلوم الفيزيائية قد تطورت في زمن لم تكن القوى الكامنة في العلم لتدور بوضوح في خلد احد ، لذلك كان العلماء الفيزيائيون يكتفون اذا هم وجدوا قوانين تصف ظاهرات جد بسيطة ليست ، في أساسها ، مدعاة لاي اهتمام . الا ان العلوم الفيزيائية قد بينت لنا ، من بعد ذلك ، ان التطور العلمي يمكن ان يؤدي بالدول الى الرخاء والقوة. لذلك فمن المفهوم ان ينتظر علماء الاجتماع بفارغ الصبر بلوغ مرتبة تمكنهم من تأدية خدمة فعالة في سبيل تطوير المدنية. وليس من شك في ان دراسة سلوك خمسة اشخاص راشدين منهمكين في حل مسألة كأبسط ما يكون تتطلب قدراً مرموقاً من الأناة والتواضع ، خصوصاً حين يكون على عالم الاجتماع ان يواجه مشكلة التكهن بالتضخمات الاقتصادية أو الانهيارات المالية ، او التكهن بالكيفية التي تمكن امة معينة من زيادة ثروتها وتعزيز مركزها في العالم . غير ان السوابق جميعها تشير الى ان العمل الاول هو الذي يؤدي الى التقدم ، وليس الثاني .

كذلك فانه من الصعب ان نبقي المعاني العاطفية بمعزل عن الفرضيات ، فكل منا يهتم لما تنطوي عليه الافعال من تضمينات اخلاقية ، ذلك لانه من الصعب ان يصار الى صياغة النتائج المتوقعة للجهود البشرية في قالب خلو من الشعور . ونحن ندرك اليوم ، في دراستنا لتاريخ قوانين حركات الاجرام السماوية ، كم كان حظ علماء الفلك عظيماً لأنه لم يكن يهمهم ما هي مدارات تلك الاجرام طالما كان باستطاعتهم وصفها بدقة. والواقع انه عندما بدأ بعض هذه المسائل يتخذ معاني سياسية او دينية ، ادى الأمر الى ان اصبحت علماً

---

١ — Motives

فاسداً . وعندما غدا كفراً لغاليليو ان يتمسك برأي يخالف المعتقد الشائع ، كان لهذا الأمر ، لا شك ، تأثير خانق على تقدم الفيزياء . وانه لمن حسن الطالع ان وجد في بلدان اخرى علماء يستطيعون العمل بحرية . اما في العلوم الاجتماعية فان الصعوبة هي ان الضغط للوصول الى نتائج « مرغوبة » لا يأتي من خارج نفس العالم بل من داخلها ، فهو يود لو يستطيع الاعتقاد بأن بعض الافعال تؤدي الى المرغوب من النتائج ، لذلك فلا مندوحة له من البحث عن قوانين تمكنه من القيام بهذه التكهنات .

كذلك توافرت للعلماء الفيزيائيين مزية كبرى في انه لم تكن ثمة تعابير مقبولة ومتاحة للظاهرات التي كانوا يدرسونها ، فكان عليهم ، في كثير من الحالات ، ان يضعوا تعابير جديدة . ولم يكن يهم زملاءهم ، او الناس عامة، أي هي الكلمات التي يستعملون . اما علماء الاجتماع فعليهم التورط اما في محاولة وصف ظاهرات معروفة بواسطة تعابير فنية ، او التردي في غموض اللغة العامية والتباساتها . وهنالك شيء من الحق في اتهام العالم باستنباط كلمة جديدة لوصف أمر معروف ، اذا لم يكن ثمة مبرر لذلك . اما اذا كان هذا الأمر المعروف ينطوي على تحيزات وآمال ومخاوف . فقد يكون التعبير الفني أكثر ملاءمة . وعليه يجد العالم الاجتماعي نفسه مجبراً على تكوين مجموعة مفرداته الفنية لا ضمن فراغ بل ضمن مدى مليء بكلمات خطرة عديمة النفع.

ان علماء الاجتماع محقون ، فوق كل شيء ، في القول بأن الظاهرات التي يدرسونها أشد تعقيداً، في الاساس، من ظاهرات العلماء الفيزيائيين. ويصعب، لهذا السبب ، ان نرى من أين نبدأ في تشكيل المفاهيم المثمرة. فمع ان التمييز

بين الكتلة العطالية[1] والكتلة الانجذابية[2] دقيق لدرجة لم يمكن معها ادراكه الا لعبقرية القرن العشرين ، فقد كان من الواضح منذ مراحل العلم المبكرة ان وزن الشيء يؤثر بشكل ما في حركته . كذلك فلا بد انه كان من الواضح ، منذ بدء دراسة الحركة ، ان السرعة التي يتحرك بها جسم ما أمر مهم ، مع ان الأمر تطلب قروناً من التقدم قبل ان ندرك ان التسارع[3] أساسي أكثر من السرعة . أما في دراسة الكائنات البشرية فانه يصعب العثور على اي مفهوم جلي المعالم يمكن التأكيد بأنه يلعب دوراً اساسياً في دراسة الانسان .

وخلاصة القول اننا نجد القوانين اصعب تشكيلاً ، نظراً لما توارثناه من ابهام والتباس ومعان عاطفية في موضوع الدراسة[4] ، وكذلك نظراً للتعقيد الفطري في الكائنات البشرية . ونجد صعوبة في التكهن لاننا سرعان ما نصطدم بمسائل رياضية لا نستطيع لها حلاً ، حتى لو حالفنا الحظ فتكهنا ، فلسنا في وضع يسمح لنا باجراء تجارب نستطيع التحكم بعناية في مجراها . وحتى في الحالات التي يمكن لنا ان نتحقق من صحة نتائجها فان العدد الذي نستطيع دراسته منها سيكون أقل بكثير منه في العلوم الفيزيائية . فاذا أخذنا اذن جميع هذه العوامل بعين الاعتبار ، فلن يعود مدعاة للدهشة ان يكون تطور العلوم الاجتماعية ابطأ من تطور العلوم الفيزيائية بكثير .

---

١ – Inertial Mass – والعطالة، او القصور الذاتي ، هي تلك الخاصة من خصائص الاجسام التي تجعلها تستمر على حالتها من السكون او السير في خط مستقيم الا اذا وقعت تحت تأثير قوة خارجية تجعلها تتحرك من سكونها او تغير اتجاه سيرها. – المترجم

٢ – Gravitational Mass

٣ – Acceleration

٤ – (اي الانسان) .

مثال على ذلك

لنحاول ، استهدافاً لجعل الفِكَرِ[1] التي تقدمنا بها ههنا محسوسة بشكل أوفى ، ان نأخذ مثلاً لنظرية في العلوم الاجتماعية . وسأختار مَثلي من ميدان الاقتصاد ، حيث انتقيت نموذجاً من نماذج الاقتصاد المتوسع وضعه عالم الرياضيات المرموق المرحوم جون فان نيومن[2]. والنظرية التي نحن بصددها تتقدم ببعض الفرضيات حول الكيفية التي يتصرف بموجبها اقتصاد متوسع[3]، كالاقتصاد الحالي في الولايات المتحدة ، عندما يكون في حالة توازن .

وقد استعملنا تعبيري «اقتصاد متوسع» و «حالة توازن» بمعناهما الحرفي الدقيق في هذه النظرية . ويقارب هذان التعبيران ، الى حد معقول ، معناهما المستعمل في لغة التخاطب اليومية، الا ان هنالك اخطاراً كذلك في الاشتطاط بمدلول معناهما الشائع . ويتمثل الاقتصاد بواسطة عمليات انتاجية معينة تمكنه من انتاج مختلف السلع بكميات تختلف من سلعة الى اخرى . وتتكهن النظرية حول مقادير السلع المنتجة والاسعار المحددة لكل منهما . وتصرح النظرية الاساسية ان هنالك سبيلاً واحداً على الاقل لتوسع الاقتصاد في حالة توازن. وان هنالك عدداً محدوداً ، وصغيراً جداً في الغالب ، للطرق المختلفة التي يمكن للاقتصاد ان يعمل بموجبها عندما يكون في حالة توازن . والمفترض ان يكون اضخم معدل ممكن للتوسع هو المعدل الذي يمكن الاقتصاد من العمل تحت شروط مثالية. هنالك نظريات اخرى بالغة الاهمية بالنسبة للاقتصادي،

---

١ – Ideas ، اي مجموع «فكرة»

٢ – John von Neumann

٣ – expanding economy

كالنظرية التي تقول بأن معدل الفائدة يساوي معدل التوسع عندما يكون الاقتصاد في حالة توازن .

لقد هوجمت هذه النظرية لاسباب عديدة . انها تفترض، مثلاً ، ان هنالك مُعدّلاً واحداً فقط للفائدة عبر البلاد ، بينما يستطيع المرء ان يبين أمثلة عديدة لاختلاف نسب الفائدة بحسب اختلاف القطاعات الاقتصادية ، مع ان هنالك ، بالطبع ، عدة سبل للخلوص من هذا المأزق أسهلها القول بأن اقتصادنا ليس في حالة توازن . كذلك يمكن القول بأن الولايات المتحدة بلد شديد التعقيد ، وان اقتصاده في الواقع مجموعة من عدة اقتصادات يغلب ان يكون كل منها في حالة توازن مختلفة عن الاخرى. ان هذه التعليلات مقبولة، الا انها في الوقت نفسه شديدة الخطر . ذلك اننا اذا شططنا في التعليلات فانه يمكن لنا ان نجد مخرجاً من اي مثل يقصد به انكار النظرية. لذلك فلن نكون بعيدين عما هو معقول اذا أكدنا انه مهما يكن معنى كلمة « التوازن »، فليس ثمة اقتصاد هو في حالة توازن بالضبط. غير اننا اذا تمسكنا بهذا الموقف فعلينا ان نسأل هل لنظريات كهذه اي قيمة .

لنحاول المقارنة بين هذه النظرية وبين قانون نيوتن في العطالة[١]، الذي يبين كيف يتصرف جسم ما عندما لا يكون عرضة لتأثير أي قوة . لا شك في انه يستحيل لحالة كهذه ان توجد اطلاقاً من الناحية العملية ، لأن هنالك ، على الاقل ، قوى جاذبة يتعرض لها كل جسم ، مهما كان ، بصورة مستمرة . ان أقصى ما يمكن التمسك به هو ان الجسم الذي يبعد بما فيه الكفاية عن الكتل الكبرى في هذا الكون يكون خالياً على وجه التقريب من تأثير القوى،

١ – Newton's Law of Inertia

وعليه يجب ان يمكن تطبيق قانون نيوتن عليه بشكل تقريبي . ويصح هذا القول على أية نظرية مبسطة أكثر مما يجب، كما هي الحال دون شك، في نظرية فون نيومن ، حيث يتوجب ان يتوافر للمرء ادراك واضح للحين الذي يكون الاقتصاد فيه في حالة توازن ، وعندها يمكن له التثبت من صحة تكهنات فون نيومن . غير ان المحذور ههنا هو ان يطول انتظار المرء الى الابد قبل ان يصل الاقتصاد الى حالة التوازن المنشودة .

ولننظر ، بعد هذا ، في مسألة الاسعار في الاقتصاد. ان النظرية التي نحن بصددها تعطينا، حالات عديدة، مجموعة واحدة فقط من الاسعار التي يتوجب انطباقها على كل مرحلة من مراحل التوسع. الا انه من الممكن جداً الا يكون اي سعر من هذه الاسعار مطابقاً في الواقع للمبالغ الفعلية التي يدفعها المشترون. وعلى سبيل المثال ، فان هذه النظرية ، وكثير من النظريات المماثلة ، تفترض ان اي سلعة يزيد انتاجها عن مقدار استهلاكها هي سلعة لا قيمة لها . الا اننا نجد ، في الواقع ، ان هذه السلع تباع بحسم كبير ، او بلا شيء تقريباً ، الا انه من المؤكد انها لا توزع مجاناً . اذن فها نحن قد اصطدمنا حالاً بالتبسيطات البديهية في النظرية ، فالتوزيع المجاني للسلع أمر باهظ الثمن بالنسبة لمدنية معقدة. وحتى المؤسسة التي لا هدف لها الا وهب الاموال ترصد لغاية ١٥ ٪ من موازنتها للاكلاف العائدة الى وهب تلك الاموال. ان نظريتنا لم تأخذ هذه الاكلاف بعين الاعتبار .

ولنعد ايضاً فننظر في مسألة توزيع السلع . ان اقامة الدليل على وجود حالة توازن تقتضي الافتراض بأن السلع المنتجة قابلة للتقسيم الى مقادير عشوائية[1]. فاذا كانت السلعة المنتجة بيتاً ، فانه يغدو من المستغرب حقاً ان

---

١ — Arbitrary amounts

توجد حالة توازن حين ينتج عــدد كسري[1] من البيوت كل عــام . ان المرء ليأمل ، بالطبــع ، ان تحويل هذه الاعداد الكسرية لتصبح اعداداً صحيحة [2] لن يؤثر في النظرية بشكل محسوس ، وانه يؤدي الى اعطاء صورة قريبة من الواقع . غير ان معالجة مسألة السلع مسألة عويصة . هــل يمكن ، مثلاً ، ان نعتبر اليد العاملة كسلعة ؟ هل في هذا خرق للوقائع ؟ هل تستطيــع النظرية ان تأخذ بعين الاعتبار مقدار اليد العاملة واكلافها بالطريقة نفسها التي تجري بهـــا تعداد الاحذية او حساب مقدار الصلب المستخدم في الانتاج ، ام هل ينبغي اعتبار اليد العاملة شيئاً يختلف عنها في الاساس ؟

ان السؤال الاخير يدفع بنا الى مسائل فنية اقتصادية ابعد من مجال هذا الكتاب ، غير اننا أوردناه مثلاً على كيفية تدخل المعاني العاطفية في تشكيل نظرية علمية. ان الاقتصادي الذي يحاول معاملة اليد العاملة البشرية بالطريقة نفسها التي يعامل بها الاحذية والصلب قــد يعرض نفسه لسخرية زملائــه او يهاجم لانه حط من قيمة الموضوع. صحيح مثلاً ان قانون السقوط الحر للاجسام ينطبق على البشر تمــاماً كما ينطبق على كتلة حجرية ، الا انه ، في الغالبيــة الساحقة من الحالات ، يطبق على الجماد فيتفــادى علماء الفيزياء هــذه الصعوبة بالذات. اننا ههنا امام مثل عن الحاجة الى اكثر ما يمكن من الجرأة الفكرية لتشكيل النظريات دون التفات الى تحيزاتنا الخاصة او تحيزات اخواننــا من بني البشر .

ان الخطر الاكبر في نظرية كالتي نحن بصددها يكمن في الطريقة التي قــد تستعمل بها . لنفرض ان رجل اعمال اكتشف ان الاقتصاد الامريكي قد أخذ

---

١ – Fractional number

٢ – Integers

بالتوسع بمعدل ٧ بالمائة بينما يبلغ معدل الفائدة ٦ بالمائة فقط ، فقد يلجأ الى هذه النظرية كسبب يبرر وجوب رفع معدل الفائدة ، مع ان النظرية ، بالطبع لا ترشد البتة الى ما يتوجب عمله في هذه الاحوال ، بل تقول انه بالاستناد الى هذه الفرضية او تلك حول سلوك المرافق الاقتصادية — وعندما يكون الاقتصاد في حالة توازن — تنشأ ثمة علاقة معينة بين معدل التوسع ومعدل الفائدة . اما اذا كان معدل الفائدة اقل، في الواقع من معدل التوسع وكانت الاقتصاديات في حالة توازن بالفعل ، فان الافتراضات النظرية تكون غير صحيحة آنذاك .

وثمة مسألة لا تقل خطورة ، هي هل يتوجب على الاقتصاد ان يكون في حالة توازن . ويمكن لهذا السؤال ، بالطبع ، ان يعطي معنى دقيقاً بالنسبة للغايات البشرية التي يؤدي اليها — غير انه من المتوقع ان تكون كلمة «توازن» مصدراً لمعان عاطفية متعددة . فهي تشير الى الاستقرار اي ، بالتالي ، الى حالة مرغوبة . وفي اللحظة التي تعتمد فيها هذه الكلمة للكتابة العلمية ينجم الخطر الكبير بأن يعنى علماء الاجتماع بتحقيق التوازن دون ان يفكروا جدياً بالغايات التي تؤدي بنا هذه الوسائل اليها .

واسخف اعتراض سمعته على هذه النظرية هو التالي : عمد عالم من علماء الاجتماع الى تتبع مثال لاقتصاد فرضي" فوجد ان النظرية لم تتكهن بالتوسع، بل تكهنت ان هذا الاقتصاد المتوازن هو بالفعل آخذ بالتقلص — فاذا بنا نتمسك بالقول انه لا فائدة البتة من نظرية مقترحة للتوسع اذا تكهنت بعض الاحيان بالعكس . لا شك اننا قد وقعنا هنا في واحد من مئات المزالق اللفظية المترتبة على استعمال الكلمات اليومية الشائعة في العلوم الاجتماعية . ان فون نيومن قد استعمل كلمة « توسع » لتشمل التوسع والتوقف والتقلص .

ان استعمال الكلمات بهذا الشكل المناسب قد أفاد في مجـال العلوم الفيزيائية الا انه لم يحظ بعد بالتقبل العام في المجالات الاخرى .

والمخرج البديهي من هذا هو استبدال الكلمات الجدليـة برموز رياضية ، ومتابعة البحث كلياً بواسطتها . غير ان لهذا الحـل اخطاره الكامنة ايضاً . فالبحوث في التطبيقات الرياضية للعلوم الاجتماعية مليئة بامثـلة عديمة النفع تكتنف حسابات رياضية متشابكة لامور لا تجد لها تطبيقاً في العالم كما نعرفه. ويشدد دعاة هذا الموقف على انه ليس الا سُلـّماً يرتقونـه لوضع نظرية حول العالم الواقعي . اما المعارضون فيؤكدون ، بتشديد مماثل ، ان النظرية ، حتى ولو تحسنت ، لن تستطيـع القاء أي ضوء على التطبيقات الفعلية، والخطر هذا غير مقتصر على العلوم الاجتماعية وحدها بل يشمل جميـع العلوم التي لا تزال في مراحلها الاولى . ان السؤال: متى تكون نظرية ما بداية لتقدم عظيم ومتى تكون عديمة النفع ؟ — هو سؤال لا يمكن الاجابـة عليه . وعلى المرء ، في التحليـل الأخير ان يضع ثقته في حدس الخبراء على أمـل ان يكون البعض منهم ، على الأقل قد اخذ يسير في الدرب النادر الذي يؤدي الى النجاح .

مستقبل العلوم الاجتماعية

قد يسمح احد فلاسفة العلم لنفسه رفاهية التحديق في كرة بلورية سحرية ليستشف منها مستقبل العلوم الاجتماعية . لقد رأينا ان العلوم الاجتماعية لا تزال في بدايتها — كما بحثنا الصعوبات المنهجية العديدة التي تعترض سبيـل تقدمها . الا اننا شعرنا ان ليس ثمـة فرق جوهري في المنهج العلمي من حيث تطبيقه في العلوم الفيزيائية أو في البيولوجيا والسيكولوجيا والعلوم الاجتماعية.

كذلك لاحظنا ان الصعوبة التي تتميَّز بها العلوم الاجتماعية هي انها تصطدم باستمرار بالمسائل الاخلاقية التي يمكن ان تشكل عقبة كبرى في طريق التقدم وتكون ، في الوقت ذاته ، قوة دافعة عظيمة . اذن ما الذي يمكننا التكهن به حول مستقبل هذا المجال الكلي الاهمية بالنسبة لبني البشر ؟

ان تاريخ العلم يشير الى ان اكثر الدروب التي تُستكشف في المراحل الاولى من احد فروع العلم لا تؤدي الى اي نتيجة. ولما كانت العلوم الاجتماعية اكثر تعقيداً من اي فرع سبقت للعلماء معالجته فلدينا جميع الاسباب التي تجعلنا نعتقد بان اكثر النظريات الحالية ، ان لم يكن جميعها ، لن تؤدي الى نتيجة . غير ان هذا لا يعني بتاتاً ان هذه الجهود عديمة النفع اذ لا يمكن التوصل الى المدخل السليم دون بدايات زائفة كهذه .

ونشاهد اليوم امثلة عديدة تتوافق فيها صعوبات العلوم الاجتماعية مع ثغرات معرفتنا بالرياضيات . لذلك فلا مندوحة من ان يرافق تاريخ العلوم الاجتماعية تقدم عظيم في تطور الرياضيات. وهنالك في الواقع علماء رياضيون مبرزون يعتقدون ان الايحاء الذي تلقته الرياضيات من العلوم الفيزيائية قد قارب معينه ان ينضب ، وان التطورات الجديدة الكبرى في الرياضيات ستُستَلهَم من مسائل العلوم الاجتماعية .

ان تاريخ العلم يُبيّن ، دون شك ، ان كل فرع يعتوره التطور ينحو نحواً رياضياً متزايداً . لذلك فان التلميذ الذي اختار العلوم الاجتماعية مهنة في الماضي ليتفادى دراسة الرياضيات قد يجد نفسه مضطراً لدرسها بشكل متزايد لكي يتماشى مع التقدم في مجال اختصاصه . ونجد ، حتى اليوم ، مجلات اختصاصية في مختلف العلوم الاجتماعية تعالج تطبيقات العلوم الرياضية على

المجتمع ، كما ان الدلائل جميعها تشير الى ان هذه التطبيقات ستنمو وينتهي بها الامر الى احتــلال الميدان باكمـله . وكثيرون هم علماء الاجتماع اليوم الذين ينظرون بتشكك الى مقــال استخدمت فيه معادلات رياضيــة ، في حين ان الفيزياء بلغت المرحلة التي يحوم الشك فيها حول مقال خلو من هذه المعادلات، لقد كان الفيزيائيون ، منذ ثلاثمايــة عام ، لا يزالون يحررون غالبيــة مجادلاتهم باللغة الاعتيادية اما اليوم فأن وضع كتاب في الفيزياء الحديثة خال من المعادلات امر يتطلب مزيجاً من عبقرية أينشتين وأنفلد [1] . ولعلّ العلوم الاجتماعية ، قد ولجت لتوها هذه المرحلة .

ومن المتوقع لزمن طويل ، ان تجيء النتائج المثمرة في العلوم الاجتماعية في نواح منها لا تهم البشرية الا في قليل . الا انه لا بد ، في النهاية ، من التوصل الى نتائج يمكن للبشر ان يهتدوا بها في نشاطاتهم اليومية ، وسيحدث ذلك في المرحلة التي يكون على العلوم الاجتماعية ان تواجه فيها ازمتها الكبرى اذ انه من المسموح به اليوم ان يشير علينا العالم الاجتماعي بما يجب عمله لاننا لا نشعر بحق انه يدرك ما يتكلم بشأنه ، الا انه عندما يصل هذا الفرع من العلوم الى مرحلة يمكنه عندها ان يتكهن بأفعالنا ونتائجها بشكل منتظم—فانه سيكون على البشر التصدي لسؤال صعب : الى اي حد يمكن الوثوق بالخبراء في اتخاذ اهم القرارات الاساسية ؟

الا ان هذه المرحلة سوف تنقضي بدورها. ولسوف تحوز العلوم الاجتماعية، في النهاية ، قدراً من الاحترام يوازي ما تتمتع به العلوم الفيزيائية . وعندهـا يتوجب على من ليسوا بخبراء في مجال معين ان يدركوا ان قراراتهم الحرة لا

---

١ — Infeld

تتعدى اختيارهم للاهداف المنوي تحقيقها ، اما الوسائل فخير لها ان يترك تحديدها للخبراء . وعندئذ لا يستطيع الانسان العادي ان يقرر هل ضريبة من نوع معين امر مرغوب فيه ، او ان يتشبث برأيه حول صناعة طائرة ما امام رأي مهندس خبير في الموضوع .

ولا شك بأن الكثيرين منا يرتعدون من فكرة التخلي عن اتخاذ هذه القرارات – الا ان احدى النتائج الفرعية لهذا التطور لا بد ان تؤدي لجعلنا نفكر في الغايات التي نود تحقيقها وان نفعل ذلك ، ولربما لأول مرة ، بشكل دقيق له مغزاه . وعلى العلم ، في الوضع المثالي ، ان يبلغ مرحلة يمكن عندها ازاحة جميع الاعتبارات العائدة للمسائل الفنية عن كاهل الشخص العادي (اي غير المتخصص في العلوم) لتكون القرارات الوحيدة التي يعود امرها اليه تلك المتعلقة بالحق والباطل .

١٦ الى أيـن المسـير

ها نحن أولاء قد بلغنا نهاية الكتــاب ، ولا تزال امامنـا اسئلة تتطلب الجواب . الى اين يؤدي هذا التقدم العلمي كله ؟ ما هو مستقبل العلم ؟ مـاذا يستطيع العلم إنباءنا به حول مستقبل البشرية ؟ ان الاجابة على هذه الاسئلة تتطلب ، لسوء الحظ ، معلومات اكثر مما في حوزتنا اليوم . ولكن هـل نستطيع مقاومة التكهن عندما يكون الامر متعلقاً بنا بهذا الشكل الاكيد ؟

ما هو ، في الواقع ، مقدار الدقة الذي يصل اليه تكهننـا ؟ نحن نعلم ان معلوماتنا تقريبية دائماً ، وان التكهن لا يكون موثوقاً به ، بالتـالي ، الا اذا كانت الاخطاء الصغيرة في معلوماتنا الاصلية لا تغير فحوى التكهن في كثير . فاذا تكهنا ، مثلاً ، ان صاروخاً ذرياً سيصيب بلدة معينة فانه يمكن لنـا اعتبار هذا التكهن موثوقاً به ، لانه حتى اذا ادى تغير اتجاه الريح او بعض خلل في جهاز الصاروخ الى سقوطه على بعد نصف الميل من خط مسيره المحدد ، فان القنبلة تظل تصيب هدفها . اما اذا تكهنـا بأن بيتاً من ورق اللعب لن ينهار ، فلن نستطيع الوثوق بهذا التكهن ، لان اي خطأ بسيط في معلوماتنا قد يعني الفرق بين الثبات والانهيار .

ونعلم كذلك ان التكهنات القصيرة المدى اقرب الى التوثيق من التكهنات

البعيدة المدى . والسبب في ذلك واضح : فالخطأ البسيط لا يؤثر في النتيجة بشكل ملحوظ في الثواني القليلة الاولى ، في حين انه قد يؤثر فيها كلياً خلال المدى الطويل . انه بامكاننا ان نتكهن بالضبط عن موقع رصاصة بعد مرور جزء من مئة من الثانية على اطلاقها الا ان خطأ بسيطاً (كزاوية ارتفاع البندقية) لم تمكن ملاحظته خلال تلك الفترة القصيرة قد يعني الفرق بين اصابة الهدف او عدم اصابته .

ومن سوء الطالع، او لربما من حسن الحظ بالنسبة لراحة بالنا ، ان تكون التكهنات حول مشروعاتنا البعيدة المدى تكهنات لا يوثق بها . فهي بالاضافة لكونها بعيدة المدى ، تستند الى معلومات بعضها لا يزال بدائياً جداً ، كما ان كثيراً من النظريات اللازمة لهذه التكهنات لا تزال في مراحل خيباتها المبكرة. ولنأخذ مثلاً على ذلك فنسأل هل يكون لاكتشاف الطاقة الذرية اثر مؤات على التاريخ البشري خلال ما يمكن ادراكه من المستقبل . لنحاول ، جواباً على هذا السؤال ، ان نوازن بين عاملين متضادين ، فنفترض بأنه يلزم لنا خمسون عاماً لتقوية منظمة الامم المتحدة الى حد تصبح قادرة عنده على التحكم الفعال في جميع الاسلحة (بما فيها القنابل الذرية) وان لا خطر ثمة من نشوب حرب ذرية خلال المائة عام القادمة . بامكاننا عندئذ، ان نتوصل الى تكهن كثير التفاؤل هو ان عصر الذرة سوف يبدو عالماً مثالياً اذا قورن بالعالم الحاضر . اما اذا كان التكهن يبين ان الدوافع البشرية ، والخوف من كل جديد في السياسة ، والقومية الضالة عن هدفها سوف تعوق نمو منظمة الامم المتحدة لمائة عام — وان الحرب الذرية واقعة لا محالة خلال خمسين عاماً، الا اذا تداركها تنفيذ نزع السلاح قبل ذلك التاريخ ، فاننا نستطيع التنبؤ بوقوع كارثة .

علينا ان نعترف ، بالرغم من مئات المقالات التي ينشرها « الخبراء » في مجلاتنا ، انه ليس بمقدورنا ان نقيّم هذين العاملين بدقة تكفي للقول ايهما الصحيح. ان العلوم الاجتماعية بعيدة اليوم عن امكانية القيام بتكهنات مضبوطة، كما ان المعرفة غير متوافرة بجميع الحقائق اللازمة ، اما المشاكل الرياضية فالغالب انها اضخم من ان نستطيع الصمود امامها . لذلك ، وعلى الرغم من علماء الاجتماع المبرزين ، فان خير التكهنات لا تزيد عن كونها ضروباً من التخمين الذي لا يستند الى اساس ، وعندما يصل بنا الامر الى مسائل مهمة كهذه ، فان تخميننا لا يقل وجاهة عن تخمين الخبراء .

ولنفترض، مهما يكن من الامر، ان البشرية سوف تتفادى هذه الكارثة، وان الانسان لن ينمحي عن وجه الارض ولن يعود حتى الى همجية ما قبل التاريخ، ولنفترض ، كذلك، ان العلم قد اعطى ملايين السنين لينمو ويتطور ، ففي هذه الحال نغدو في مركز يمكننا من القيام بتكهنات معينة وواضحة . وستكون هذه التكهنات مدعاة للثقة لانها لا تستند الى تفاصيل بل الى اتجاه عام متوقع . وبامكاننا اليوم دون شك ان نتنبأ بمستقبل لا يتوجب فيه على المرء ان يعمل الا بالقدر الذي يريد ، مستقبل يتوفر فيه لكل إنسان ما يتطلبه من ضرورات الحياة وما يرغب فيه من مظاهر الترف. كذلك يمكننا ان نرى ولو خلال غشاوة ، مستقبلاً تستخدم فيه المصادر الجديدة للطاقة لتزويد الآلات العظيمة بالقدرة مما يؤدي الى رخاء بشري لم يخطر لنا ببال ، عالم لا مكان للجشع فيه لان بامكانه ان يحقق جميع الرغبات لجميع الناس .

هذا كله ليس الا عبارة عن امكانية ، ذلك لان معرفتنا بالسيكولوجيا محدودة لدرجة لا نجرؤ معها على التكهن بسلوك البشر ازاء هذه الاحتمالات. أيعمل الناس عند ذلك لتحقيق الأهداف المذكورة — ام يستمرون في اعطاء

الاهمية للفكرة بانهم «افضل» من جيرانهم؟ ان العلم سوف يوفر جميع الوسائل اللازمة لجنة على الارض اما كيف تستخدمها البشرية ، فذلك ما ليس بمستطاعنا ان نتنبأ به .

لن احاول وصف عالم العلم المثالي ، فذلك من اختصاص اقدر كتابنا للروايات العلمية . غير انني اود الاشارة الى ان اختراع القنبلة الذرية قد بزّ ابعد ما يمكن ان يجول في مخيلة هؤلاء الكتّاب . ولنا ان نتوقع ان ما يتنبأ هؤلاء بحدوثه في القرن المقبل سوف يحدث خلال السنوات العشر القادمة ، وان ما يتنبأون به للعقد القادم قد يكون حالياً في طور الانتاج ، وان ما سيستنبط خلال المائة سنة القادمة سيجعل عالمنا الحالي بأجمعه يبدو « وكأنه ابعد ما يكون عن العلم» . فالعلم لا يتقدم فحسب ، بل يفعل ذلك بسرعة متزايدة . ان رجلاً كنيوتن ما كان ليجد صعوبة تذكر في تفهم منجزات العلم خلال السنين المائة بعد وفاته — اما اليوم فانه يتوجب على كل عالم ان يتابع آخر ما ينشر في المجلات العلمية كي لا يكون في عداد المتخلفين . وليس ثمة جدل حول امكان السفر في الفضاء خلال هذا القرن ، بل هنالك تساؤل فقط حول وجه الاستفادة من هذا وغيره من التطورات. هل تستخدم المكتشفات الجديدة لقتل الملايين والحط من مقام الانسان ام يكون استخدامها بحيث تؤدي الى تحسين حال البشرية جمعاء ؟

ان الثورة التي لا بد منها هي ثورة في العلوم الاجتماعية يرادفها تفحص ثاقب من جديد لسلّم القيم عندنا. ولن ارتكب الخطأ الفادح فاهيب بالقارىء ان يتفحص قيَمَه وأُدلي اليه» في الوقت ذاته ، بالنتيجة التي يجب ان تترتب على هذا التفحص ، فهذا الكتاب ليس رسالة في الاخلاق . الا انه لا يسع فيلسوف العلم الا ان يلاحظ ان تقدم العلوم الفيزيائية قد فاق تقدمنا الاجتماعي

سواء امن ناحيته العلمية كان أم من ناحيته الاخلاقية ، كما ان الدلائـل جميعها تشير الى استمرار هذه الحـال ما لم يبذل جهـد مُركَّزٌ للحث على دراسة الانسان واهدافه . ومن الواجب تطوير العلوم الاجتماعيـة الى المرحـلة التي يمكنها عندها من ان تتقـدم من البشرية بمناهج واضحـة يمكن البحث فيهـا واختيار انسبها — وعند ذلك يصبح بالامكان وضع مخطط للتاريخ. اما اليوم فلسنا نعرف المناهج التي سنختار من بينها كما اننا لا نـكلف انفسنا حتى عناء البحث بجدية في المخططات المختلفة ؟ ولكن ، أنلام على اهمالنا هذا ؟ وحتى لو قررنا أي الغايات تستهدف فلن تكون لدينا ولا فكرة واحدة تدلنا اي هي الطريق التي توصلنا الى غايتنا وأي هي المؤدية الى الدمـار . ان الجواب على هذا السؤال من اختصاص العلم — فلا مندوحة لنا اذن من ان نبذل اقصى ما يمكن من الجهد البشري لتطوير اقارب الفيزياء المتخلفين .

الا انه ليس ثمة تطور في العلم وحده يستطيع حـل مشاكلنا الكبرى . وحتى لو اعطي الانسان جميع الوسائل لتحقيق ما يختاره من أهداف—فالخيار الاخير يظل عائداً اليه. ان العلم لا يملك اكثر من ان يقدم اليه مناهج واضحة المعالم يختـار من بينهـا منـاهج خالية من الشعارات العاطفيـة والتشكيلات الخرافية الكاذبة . اما بعد ذلك فليس بمستطاع العلم ان يبين للانسان الحق من الباطل . ان جميع ما يمكن للعلم احرازه من تقدم « عبر التاريـخ البشري ذاهب هدراً» اذا اخفق الانسان في الاجابة عن السؤال الازلي اجابة صحيحة.

وهنالك حقيقـة مستغربـة بشأن التكهنات البعيـدة المدى — هي ان التكهنات ذات المدى السحيق غالباً ما تكون حسنة ولو اختلف الامر بالنسبة للتكهنات البعيدة المدى. ففي المثل الذي ضربناه للرصاصة المنطلقة، لم يكن باستطاعتنا ان نتكهن، هل تصيب الهدف او لا تصيب الا انه كان في وسعنا

القول انها ستسقط على الارض في نهاية المطاف (سواء اخترقت الهدف ام لم تخترقه). كذلك فلست اجرؤ على التكهن بالثوب الذي سأرتديه بعد عام من اليوم، في حين انني متأكد تماماً من مستقبلي مثلاً، بعد مائة عام. ولو سئلت ما اذا كانت ذرة معينة من اليورانيوم ستنشطر هذا اليوم لاعتراني بعض الشك في الامر، ولكن اذا زيدت المهلة الى مليار مليار عام فانني موقن من انها تكون قد انشطرت. وعليه يبدو ان بمقدور العلم الادلاء الينا بالكثير حول نهاية الأرض والكون، ولو لم يستطع الادلاء الا بالقليل حول حوادث القرن القادم.

هنالك، على ما نسمع، عدة صور مختلفة وممكنة لفناء الارض، ومن المتوقع لها جميعاً ان تحدث خلال الثلاثين مليار سنة القادمة. فالقمر قد يصطدم بالارض، والشمس قد تبرد وتجمد الارض، أو قد تنفجر وتقطعنا أرباً. غير ان جميع هذه التكهنات تتجاهل امكانية تداخل العنصر البشري. انا اقر اننا لا نرى اليوم سبيلاً لتفادي اي كارثة من هذه الكوارث، ولكن من يمكن له ان يتنبأ بتقدم العلم بعد مليارات السنين؟ وعلى كل فهنالك دائماً امكانية هروب الجنس البشري من النظام الشمسي.

غير ان هنالك ناحية أكثر كآبة للنظريات المقبولة اليوم، وهي التكهن بان الكون جميعه سيشارف نهايته يوماً ما. وكما نعتقد ان الكون بدأ حين انفجر غاز حار بالغ الكثافة فوق ما نتصور (وهو انفجار لا يزال قائماً طالما ان الكون لا يزال يتمدد)، فاننا نعتقد انه سيأتي يوم يبدأ الكون فيه بالتقلص الى ان يعود الى حالته الاولى ماحياً كل اثر في طريقه، او انه، بحسب نظرية اخرى، سيظل يتمدد، حتى ينتهي امره أخيراً الى التجمد.

اني لآمل ان يكون القارىء قد تعلم شيئاً واحداً من هذا الكتاب: ليس هنالك نظرية علمية نهائية . ولقد نعثر غداً على نظرية جديدة افضل تبين لنا ان النظريات الحالية صحيحة بشكل تقريبي فقط ، اي انها ممتازة لمدى قصير يبلغ حوالي مليون عام . اما بعد ذلــك فتظهر بعض انحرافــات قد تكون نتيجتها ان لا يشارف الكون نهايته . وفي اعتقادي الراسخ ان هنالك بعض اسئلة ، من بينها هذه التي نبحثها الآن ، لن نتوصل مطلقاً للاجابة عليها ، ولربما كانت معرفتنا لاجوبتها غير مقدرة لنا في الاساس .

لقد اشرت في بداية هذا الكتاب الى الخطر في ان يعمد الفيلسوف لاغتصاب وظيفة العالم ، وها أنذا اعرض نفسي لخطر لا يقل عنه في محاولتي منافسة الانبياء . فليسمح لي ، بدلاً من ذلك ، ان اؤكد من جديد ايمان الفيلسوف بان ازدياد المعرفة امر خيـرٌ بحد ذاته—واعرب عن املي بان يستمر الفلاسفة في دورهم ، كنقاد وكمتسائلين ، في تنشيط تقدم العلم المتواصل .

مراجع مختارة

This is in no sense a complete bibliography, but simply a summary of books appearing on the suggested reading lists. The dates of publication given are not necessarily those of the first edition, but rather of the edition relatively most easily available.

The following collections of articles are referred to throughout the bibliography by the indicated abbreviations:

[FS] "Readings in Philosophical Analysis," edited by H. Feigl and W. Sellars, Appleton-Century-Crofts, Inc., New York, 1949.

[FB] "Readings in the Philosophy of Science," edited by H. Feigl and M. Brodbeck, Appleton-Century-Crofts, Inc., New York, 1953.

[SH] "Readings in Ethical Theory," edited by W. Sellars and J. Hospers, Appleton-Century-Crofts, Inc., New York, 1952.

[W] "Readings in the Philosophy of Science," edited by P. P. Wiener, Charles Scribner's Sons, New York, 1953.

[E] "International Encyclopaedia of Unified Science," The University of Chicago Press, Chicago

[LLP] "Albert Einstein Philosopher-Scientist," edited by P. A. Schilpp, Library of Living Philosophers, Tudor Publishing Co., New York, 1951.

Abbott, E. A. "Flatland," Blackwell, Oxford, 1944.

Arley, N. and Buck, K. R. "Introduction to the Theory of Probability and Statistics," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950.

Ayer, A. J. "Critique of Ethics," in [SH].

Beardsley, M. C. "Practical Logic," Prentice-Hall, Inc., New York, 1950.

Benjamin, A. C. "An Introduction to the Philosophy of Science," The Macmillan Co., New York, 1937.

Black, M. "Critical Thinking," Prentice-Hall, Inc., New York, 1952.

Bridgman, P. W. "The Logic of Modern Physics," The Macmillan Co., New York, 1927.

Broad, C. D.

[1] "The Mind and Its Place in Nature," Harcourt, Brace & Co., New York, 1925.

[2] "Review of Julian Huxley's *Evolutionary Ethics*" in [FS].
[3] "Some of the Main Problems of Ethics," in [FS].
Campbell, N. R. "What is Science?" Dover Publications, Inc., New York, 1952.
Carnap, R.
[1] "Foundations of Logic and Mathematics," in [E].
[2] "Logical Foundations of Probability," University of Chicago Press, Chicago, 1950.
[3] "Testability and Meaning," *Philosophy of Science,* October 1936 and January 1937.
[4] "Formal and Factual Science," in [FB].
[5] "The Interpretation of Physics," in [FB].
Cassirer, E. "The Problem of Knowledge," Yale University Press, New Haven, 1950.
Castell, A. "An Introduction to Modern Philosophy," The Macmillan Co., New York, 1943.
Cohen, M. R. and Nagel, E. "An Introduction to Logic and Scientific Method," Harcourt, Brace & Co., New York, 1934.
Conant, J. B. "Science and Common Sense," Yale University Press, New Haven, 1951.
Courant, R. and Robbins, H. "What is Mathematics?" Oxford University Press, New York, 1941.
Darwin, C. R. "The Origin of Species," in [W].
Doyle, Sir A. C. "A Treasury of Sherlock Holmes," Hanover House, Garden City, New York, 1955.
Duhem, P.
[1] "Physical Theory and Experiment," in [FB].
[2] "Representation Versus Explanation," in [W].
Eddington, A. S. "The Nature of the Physical World," The Macmillan Co., New York, 1929.
Einstein, A. "The Laws of Science and the Laws of Ethics," in [FB].
Einstein, A. and Infeld, L. "The Evolution of Physics," Simon and Schuster, Inc., New York, 1942.
Feigl, H.
[1] "Operationism and Scientific Method," in [FS].
[2] "Some Remarks on the Meaning of Scientific Explanation," in [FS].
[3] "The Mind-Body Problem in the Development of Logical Empiricism," in [FB].
Feller, W. "An Introduction to Probability Theory and Its Applications," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1958.
Frank, P.
[1] "Einstein, Mach, and Logical Positivism," in [LLP].
[2] "Modern Science and Its Philosophy," Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1950.

Frankena, W. K. "The Naturalistic Fallacy," in [SH].
Gamow, G.
[1] "One, Two, Three . . . Infinity," The Viking Press, New York, 1947.
[2] "The Evolutionary Universe," *Scientific American,* September 1956.
Hayakawa, S. I. "Language in Thought and Action," Harcourt, Brace & Co., New York, 1949.
Hempel, C. G.
[1] "Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science," in [E].
[2] "Geometry and Empirical Science," in [FS] and in [W].
[3] "On the Nature of Mathematical Truth," in [FS] and in [FB].
Hempel, C. G. and Oppenheim, P. "The Logic of Explanation," in [FB].
Hull, C. L. "Value, Valuation, and Natural Science Methodology," *Philosophy of Science,* July 1944.
Hume, D. "An Enquiry Concerning Human Understanding," Open Court, La Salle, Ill., 1946.
Huxley, J. S. "Evolutionary Ethics," Oxford University Press, New York, 1943.
Kemeny, J. G.
[1] "Man Viewed as a Machine," *Scientific American,* April 1955.
[2] "The Use of Simplicity in Induction," *The Philosophical Review,* July 1953.
Kemeny, J. G. and Oppenheim, P. "On Reduction," *Philosophical Studies,* January-February 1956.
Kemeny, J. G., Snell, J. L. and Thompson, G. L. "Introduction to Finite Mathematics," Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1957.
Kemeny, J. G., Mirkil, H., Snell, J. L., and Thompson, G. L., "Finite Mathematical Structures," Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1959.
Laslett, P., editor. "The Physical Basis of Mind," Blackwell, Oxford, 1950.
Lenzen, V. F. "Procedures of Empirical Science," in [E].
Lewis, C. I. "An Analysis of Knowledge and Valuation," Open Court, La Salle, Ill., 1947.
Lynd, R. S. "Knowledge for What?" Princeton University Press, Princeton, N.J., 1948.
Malinowski, B. "Magic, Science, and Religion," Beacon Press, Inc., Boston, 1948.
Margenau, H. "The Nature of Physical Reality," McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1929.

Mill, J. S.
[1] "System of Logic," Longmans, Green & Co., Inc., New York, 1929.
[2] "On the Logic of the Social Sciences," in [W].
Mises, R. von. "Positivism," Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1951.
Moore, G. E. "Ethics," Oxford University Press, New York, 1949.
Nagel, E.
[1] "Mechanistic Explanation and Organismic Biology," *Philosophy and Phenomenalistic Research,* March, 1951.
[2] "Principles of the Theory of Probability," in [E].
[3] "Teleological Explanation and Teleological Systems," in [FB].
Neurath, O. "Foundations of the Social Sciences," in [E].
Northrop, F. S. C. "Einstein's Conception of Science," in [LLP].
Pap, A. "Elements of Analytical Philosophy," The Macmillan Co., New York, 1949.
Passmore, J. A. "Can the Social Sciences Be Value-Free?" in [FB].
Planck, M. "The Universe in the Light of Modern Physics," Allen and Unwin, London, 1937.
Poincaré, H. "Non-Euclidean Geometries and the Non-Euclidean World," in [FB].
Quine, W. V. "Two Dogmas of Empiricism," *Philosophical Review,* January, 1951.
Reichenbach, H.
[1] "The Logical Foundations of the Concept of Probability," in [FS] and in [FB].
[2] "On the Justification of Induction," in [FS].
Richards, I. A.
[1] "Basic English and Its Uses," W. W. Horton, New York, 1943.
[2] "The Philosophy of Rhetoric," Oxford University Press, New York, 1936.
Robertson, H. P. "Geometry as a Branch of Physics," in [LLP].
Russell, B. "Human Knowledge, Its Scope and Limits," Simon and Schuster, Inc., New York, 1948.
Ryle, G. "The Concept of Mind," Hutchinsons University Library, New York, 1949.
Schlick, M. "Description and Explanation," in [W].
Shaw, G. B. "Back to Methuselah, a Metabiological Pentateuch," Oxford University Press, New York, 1947.
Simpson, G. G. "The Meaning of Evolution," Mentor Books, New York, 1951.
Stevenson, C. L. "Ethics and Language," Yale University Press, New Haven, 1944.

Sullivan, J. W. N. "Limitations of Science," Mentor Books, New York, 1949.
University of California Associates, "The Freedom of the Will," in [FS].
Weber, M. "Objectivity in Social Sciences," in [W].
Werkmeister, W. H. "A Philosophy of Science," Harper & Brothers, New York, 1940.
Whitehead, A. N. "The Abstract Nature of Mathematics," in [W].
Wiener, N. "What is Cybernetics?" in [W].
Wilder, R. L. "Introduction to the Foundations of Mathematics," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1952.

فهرس المحتويات

القسم الثالث : في المسائل التي يطرحها العلم

ف. ب. (١٤٥)

١٩٦٥